

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE LYON

ANNÉE 1965 — N° 17

L'OREILLE INTERNE DES ÉQUIDÉS DOMESTIQUES

Etude anatomique

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 28 AVRIL 1965

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

par

PERRAUD Jacques

Né le 13 Mai 1938 à LYON-3^e (Rhône)



IMPRIMERIE DES BEAUX-ARTS
J. TIXIER & FILS, 19, RUE ROUX-SOIGNAT, LYON

1965

L'OREILLE INTERNE
DES ÉQUIDÉS DOMESTIQUES.

ETUDE ANATOMIQUE

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE LYON

Directeur M. le Professeur FLORIO
Directeur honoraire M. le Professeur JUNG
Directeur honoraire M. le Professeur TAPERNOUX
Professeur honoraire M. le Professeur CUNY

PROFESSEURS

14 Chaires :

Pharmacie et Toxicologie	MM. TAPERNOUX
Anatomie descriptive, Extérieur, Anatomie appliquée	BARONE
Physiologie, Thérapeutique, Pharmacodynamie	BOST
Histologie, Embryologie, Anatomie pathologique	LUCAM
Hygiène et Industrie des Aliments d'origine animale	FLACHAT
Zoologie appliquée, Parasitologie externe, Parasitologie interne	EUZEBY
Pathologie médicale des Equidés et des Carnivores	
Législation vétérinaire	FLORIO
Pathologie médicale du Bétail et des Animaux de basse-cour	COTTEREAU
Technique chirurgicale, Pathologie chirurgicale	COLLET
Obstétrique, Pathologie de la Reproduction	BERTRAND
Pathologie Générale, Microbiologie, Immunologie	...
Ethnologie, Hygiène, Zootechnie, Economie rurale	FROGET
Botanique appliquée, Agronomie, Alimentation	JEAN-BLAIN
Physique et Chimie Biologiques et Médicales	MAGAT
Maladies contagieuses, Zoonoses, Législation sanitaire	JOUBERT

MAITRES DE CONFÉRENCES

MM. FERNEY, RUCKEBUSCH

CHEFS DE TRAVAUX

MM. BUSSIERAS, OUDAR, Agrégés.

MM. CHANTEGRELET, DESCHANEL, JEAN-BLAIN Claude, LAPRAS,
LE NIHOUANNEN, PROY, VAN HAVERBEKE, VERINE.

ASSISTANTES

Mlles DUFOUR, GENTILETTI, GONZALES.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. LATARJET, Président ; BARONE, LUCAM, Assesseurs

La Faculté de Médecine et l'Ecole Vétérinaire déclarent que les opinions émises dans les dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation, ni improbation.

ÉCOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE DE LYON

ANNÉE 1965 — N° 17

L'OREILLE INTERNE DES ÉQUIDÉS DOMESTIQUES

Etude anatomique

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

ET SOUTENUE PUBLIQUEMENT LE 28 AVRIL 1965

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

par

PERRAUD Jacques

Né le 13 Mai 1938 à LYON-3^e (Rhône)



IMPRIMERIE DES BEAUX-ARTS
J. TIXIER & FILS, 19, RUE ROUX-SOIGNAT, LYON

1965

A MES PARENTS

En témoignage de mon admiration, de mon
affection et de ma gratitude.

A MA FEMME

Par amour de toi.

A TOUS LES MIENS ET A MES AMIS

Pour ce que je leur dois.

A Monsieur le Professeur LATARJET
de la Faculté Mixte de Médecine et de Pharmacie de Lyon

Qui accepta de juger notre travail.
Respectueux hommages.

A Monsieur le Professeur BARONE

Qui sut nous faire trouver le merveilleux au
travers de l'anatomie.
Hommage d'un disciple.

A Monsieur le Professeur LUCAM

Qui nous honore de sa confiance.
En témoignage de notre admiration et de
notre reconnaissance.

A NOS MAITRES



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AVANT-PROPOS

Le Laboratoire d'Anatomie de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon poursuit un travail de révision de l'anatomie des animaux domestiques. Notre thèse, dont le sujet nous fût proposé par Monsieur le Professeur BARONE, notre maître, est une participation à cette entreprise.

L'étude de l'organe stato-acoustique, organe de l'audition et de l'équilibration, est particulièrement attachante. Elle a produit de nombreux travaux anatomiques concernant aussi bien l'homme que diverses espèces animales. Pourtant, à notre connaissance, peu d'ouvrages originaux traitent de l'oreille des Equidés. C'est pourquoi nous nous proposons, dans cet exposé, de vérifier et d'illustrer les descriptions classiques des anatomistes vétérinaires. Nos observations ne prétendent pas éclairer toute l'anatomie du labyrinthe ; elles en précisent seulement quelques aspects.

Après une esquisse anatomique, physiologique et évolutive de l'organe stato-acoustique, qui rappellera quelques notions générales, nous mentionnerons, dans un court chapitre, nos techniques d'étude. Puis nous décrirons, dans une seconde partie, l'ontogenèse de la portion fondamentale de l'oreille : le labyrinthe. Ces chapitres faciliteront la compréhension de l'anatomie de l'oreille interne, exposée dans une troisième partie, où l'on examinera aussi l'histologie du labyrinthe membraneux. Nous n'envisagerons ni les microstructures en relation avec le fonctionnement, qui réclament des techniques histochimiques, ni les centres nerveux qui relèvent de l'étude du névraxe. La nomenclature anatomique vétérinaire faisant encore l'objet de discussions lors de la publication de cette thèse, nous avons utilisé les termes habituels.

PREMIÈRE PARTIE

GÉNÉRALITÉS - TECHNIQUES D'ÉTUDE

CHAPITRE PREMIER

DÉFINITIONS - GÉNÉRALITÉS

L'appareil stato-acoustique des Equidés, comme celui des autres Mammifères, est un organe des sens, pair, asymétrique, situé dans la tête, de part et d'autre du cervelet. Il est indispensable au maintien de l'équilibre, ainsi qu'à l'audition. Il informe l'organisme sur la position que la tête occupe dans l'espace et les déplacements qu'elle subit, et perçoit une gamme des vibrations transmises par le milieu. De telles fonctions impliquent des excitations provoquant une déformation mécanique et nécessitent un dispositif sensoriel ampullaire à cellules ciliées émues par le déplacement d'organites ou de membranes au sein d'un fluide. Les terminaisons distales du nerf stato-acoustique qui s'épanouissent au niveau de cet épithélium très différencié, recueillent et transmettent sous forme d'influx les stimulations perçues par les cils. Chez les Mammifères, cet organe important est toujours encapsulé et complété par un appareil de transmission et de réception, ce dernier parfois très réduit (retour à la vie aquatique).

[BONNET (37, p. 670) ; CORDIER et DALCQ (64, p. 453) ; DELL et DUMONT (78, p. 428) ; GRIBENSKI (107, p. 71) ; PIZON (147, p. 196) ; YOUNG J.Z. (182, p. 509)].

I. — ESQUISSE ANATOMIQUE

Nous savons que l'activité de l'oreille consiste à recevoir et transmettre des excitations mécaniques dont elle favorise la transformation en sensation. Entre le phénomène physique et le phénomène psychique se place un important phénomène physiologique, mal connu, qui se manifeste par la naissance et la propagation d'un influx nerveux acheminé le long d'un nerf en direction des centres nerveux. Ces étapes successives siègent dans différentes régions de l'organe stato-acoustique, dont nous allons rappeler la disposition générale en nous appuyant sur des observations faites sur les Equidés (Planche I, figures 1 et 2).

L'appareil stato-acoustique des Mammifères est classiquement divisé en trois parties, très différentes du point de vue embryologique, anatomique et physiologique. Ces trois portions occupent un ensemble de cavités ménagées au sein de la portion tubéreuse de l'os temporal.

On distingue :

— une partie fondamentale, profondément située : l'oreille interne, qui a reçu le nom de labyrinthe en raison de sa forme compliquée. Elle comprend essentiellement un épithélium sensoriel innervé par les fibres distales du nerf de la huitième paire crânienne, le nerf stato-acoustique.

— une partie accessoire, réunissant :

- un appareil améliorant la réception et la conduction des vibrations : l'oreille externe
- un appareil de transmission : l'oreille moyenne.

Tous deux améliorent le fonctionnement de l'oreille interne et le protègent en l'éloignant de la périphérie.

1) OREILLE EXTERNE :

Elle n'est pas sans évoquer un cornet acoustique. Le pavillon, ou conque auriculaire, à base cartilagineuse (cartilage conchinien), joue le rôle de récepteur orientable, grâce à sa musculature intrinsèque et extrinsèque. [TAGAND et BARONE (166, p. 753), WINCKLER (178, p. 239)]. Il est prolongé par un conduit plus ou moins cylindrique, long de vingt-cinq à trente millimètres chez les Equidés : le conduit auditif externe. Ce conduit, d'abord cartilagineux (portion infundibuliforme du cartilage conchinien et cartilage annulaire), puis essentiellement osseux (portion tympanique de l'os temporal) est tapissé d'un revêtement cutané à glandes cérumineuses. Il est séparé de l'oreille moyenne par la membrane du tympan qui forme avec son grand axe un angle inférieur à trente degrés. L'ensemble dérive de la première fente branchiale et des arcs qui la bordent.

[BENOIT J. (27); BOAS (35, p. 189) ; CHAUVEAU, ARLOING, LESBRE (60, p. 953) ; DUBREUIL, BAUDRIMONT (83, p. 576) ; FORSTER (94, p. 296) ; MERCHE (138, p. 62) ; TAGAND, BARONE (116, p. 75) ; WEBSTER (174, p. 123)].

2) OREILLE MOYENNE :

C'est un ensemble anatomique qui transmet les vibrations du milieu extérieur par l'intermédiaire de la membrane tympanique, enchassée sur le cercle tympanal. Une chaîne d'osselets la relie à l'oreille interne au niveau de la fenêtre ovale, ARDOUIN (12, p. 69-75). Ce pont articulé, suspendu par des ligaments, comprend trois petits os, le marteau, l'enclume avec son apophyse lenticulaire et l'étrier [ARDOUIN (11, 12); DORAN (80)]. Il traverse la cavité tympanique ou caisse du tympan, volume ménagé entre les portions pétreuse et tympanique de l'os temporal, agrandi par les cellules mastoïdiennes qui forment la bulle tympanique [BEAUMEZ (22, p. 9) ; PETTER F. (145) ; WEBSTER (173, p. 126)]. Cette cavité dérive de la première poche pharyngienne de l'embryon, et en garde le souvenir sous la forme de la trompe d'Eustache. Ce canal la réunit au pharynx et permet d'égaliser les pressions sur les deux faces du tympan. [HENDRICKX (118)]. Chez les Cétacés et les Périssodactyles il porte un diverticule remarquable : la poche gutturale [DANNACHER (70)].

A l'exception de la base de l'étrier qui provient de la capsule auditive, les osselets dérivent des deux premiers arcs branchiaux. [DUBREUIL (82), EYRIÈS, PERLÈS (91) ; JENKINSON (124) ; MARONNEAUD (135)]. Le squelette cartilagineux du premier arc (cartilage de Meckel) fournit l'enclume et le marteau, dont le muscle est innervé par un rameau du nerf maxillaire inférieur (nerf du premier arc) [BLEVINS (32) ; GIRARDET (100) ; WINCKLER (178)]. Le cartilage de Reichert, squelette du deuxième arc branchial, participe à l'élaboration de l'étrier dont le muscle reçoit une branche collatérale du facial, nerf de cet arc. [BLEVINS (33) ; BOSSY (43)]. L'action de ces muscles est antagoniste. L'oreille moyenne communique avec l'oreille interne par la fenêtre ovale que ferme l'étrier, et par la fenêtre ronde obturée par la membrane du tympan secondaire.

3) OREILLE INTERNE :

On distingue deux parties dans l'oreille interne : le labyrinthe membraneux et le labyrinthe osseux, l'un contenant l'autre. Le labyrinthe membraneux est un ensemble clos de poches et de canaux intercommunicants, rempli d'un liquide clair, l'endolymphe. Des cellules épithéliales hautement différenciées sont groupées en aires sensorielles de répartition bien définie. Les fibres distales du nerf stato-acoustique viennent entourer la base de ces cellules. Le labyrinthe osseux comprend un ensemble de cavités à parois osseuses, creusées dans le rocher (portion pétreuse de l'os temporal). Il contient le labyrinthe membraneux dont il répète la forme. Des travées ou lames conjonctives soutiennent ce dernier au sein d'un liquide clair : la périlymphe.

A) Labyrinthe membraneux :

A l'exception des aires sensorielles, il est constitué d'un épithélium pavimenteux simple doublé de tissu conjonctif. On reconnaît avec Gribenski, l'appareil vestibulaire périphérique, voué à l'équilibration, groupant l'utricule, les canaux semi-circulaires et le saccule, et l'appareil cochléaire, organe périphérique de l'ouïe composé du canal cochléaire (encore nommé limaçon membraneux du fait de son enroulement hélicoïdal). La poche utriculaire porte trois canaux semi-circulaires présentant chacun une dilatation ou

ampoule à l'une de leurs extrémités. Ces trois canaux sont disposés selon des plans à peu près orthogonaux. Cette orientation spatiale précise est constante chez tous les Vertébrés gnathostomes. Les canaux droits et gauches occupent des plans sensiblement parallèles deux à deux. La poche sacculaire fait suite à l'utricule et le réunit au canal cochléaire. Utricule et saccule logent des plages sensorielles : macules otolithiques ou maculæ ou taches statiques. Chaque ampoule porte une crête sensorielle ou crête statique ou crista. Les macules sont de petites zones ovalaires réunissant des cellules de soutien qui entourent des cellules sensorielles dont les cils terminaux sont pris dans une membrane anhiste contenant de fines concrétions calcaires (otoconies de Breschet). Les crêtes statiques correspondent à des replis transversaux de la paroi ampullaire, portant des cellules ciliées et surmontés d'une molle membrane en cupule. Crêtes et macules sont innervées par le rameau vestibulaire du nerf stato-acoustique. Le canal cochléaire est un tube borgne de section triangulaire, enroulé en formation hélicoïdale. Une de ses faces porte une longue bande sensorielle, l'organe de Corti, où l'on retrouve de nombreuses cellules ciliées, maintenues par des cellules de soutien. Les cellules sensorielles sont rangées de part et d'autres d'un tunnel (Tunnel de Corti) formé par des cellules de soutien modifiées. Une membrane continue, sans concrétions calcaires, recouvre l'ensemble : c'est la membrane tectrice (**membrana tectoria**). Le rameau cochléaire du nerf vestibulaire innerve l'organe de Corti. Par le fin canal endolymphatique et le sac qui le termine, le labyrinthe membraneux vient au contact des méninges.

B) Labyrinthe osseux :

Il entoure à distance le labyrinthe membraneux dont il épouse la forme. On observe un étage supérieur formé du vestibule et des canaux semi-circulaires osseux qui logent les canaux membraneux, l'utricule et le saccule. L'étage inférieur est constitué par la cochlée ou limaçon osseux. C'est un double conduit hélicoïdal ; sa rampe supérieure ou rampe vestibulaire part du vestibule osseux qu'elle prolonge, la rampe inférieure ou rampe tympanique semble commencer au niveau de la fenêtre ronde. Une lame spiralée, osseuse dans sa partie centrale (lame spirale), membraneuse dans

sa partie périphérique (membrane basilaire) les sépare sauf au sommet de la cochlée où son interruption ménage une ouverture de faible diamètre : l'hélicotréma. Le labyrinthe osseux communique avec l'oreille moyenne par la fenêtre ovale où s'enchasse l'étrier, et la fenêtre ronde. Sa paroi crânienne est percée de nombreux pertuis qui livrent passage aux fibres nerveuses et aux vaisseaux sanguins. Deux canaux amènent le diverticule endolymphatique (aqueduc du vestibule) et l'expansion périlymphatique (aqueduc du limaçon) à la face interne du rocher, au contact des méninges.

Fig. 1. et 2. — Coupe transversale d'une hémisphère droite d'âne adulte, menée de la protubérance occipitale externe à l'apophyse hyoïdienne ; segment rostral de la coupe, vue postérieure. (L'étrier a été retiré sur la figure de droite pour dégager le muscle du marteau. La conque auriculaire est attachée au segment caudal).

- | | |
|--|---|
| 1. isthme et cervelet | 12. fenêtre ovale |
| 2. complexe stato-acoustique-facial | 13. rampe vestibulaire |
| 3. oreille interne | 14. rampe tympanique |
| 4. oreille moyenne | 15. utricule (pôle rostral) et ampoule du canal externe |
| 5. conduit auditif externe (portion osseuse) | 16. muscle du marteau |
| 6. cartilage annulaire | 17. nerf facial |
| 7. cartilage conchlinien | 18. nerf cochléaire |
| 8. poche gutturale | 19. nerf vestibulaire supérieur |
| 9. osselets | 20. nerf vestibulaire inférieur |
| 10. cellules mastoïdiennes | 21. branche du nerf tympanique |
| 11. membrane tympanique | |

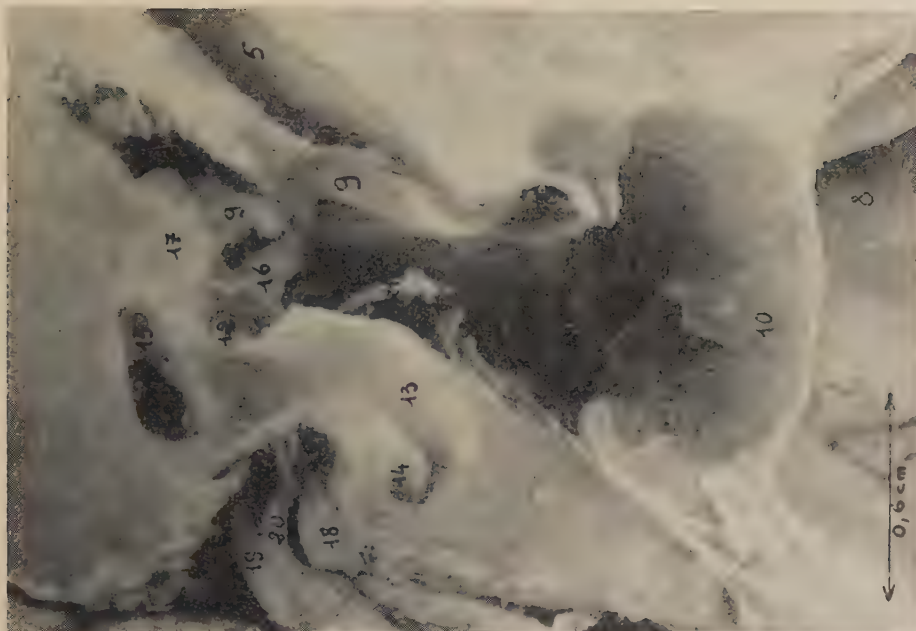


Fig. 1.



Fig. 2.

II. — ESQUISSE PHYSIOLOGIQUE

Comme le laisse prévoir l'anatomie de l'appareil stato-acoustique, l'oreille interne assure une double fonction : celle de l'équilibration au niveau de l'appareil vestibulaire périphérique, celle de l'audition au niveau du canal cochléaire.

1) APPAREIL DE L'ÉQUILIBRATION :

Les éléments sensoriels du vestibule et des canaux semi-circulaires sont proprioceptifs. Ils montrent une parfaite adaptation aux variations de pression de l'endolymphe (pression statique ou pression dynamique), grâce aux membranes ou aux cupules qui les recouvrent. Cette disposition permet de connaître les déplacements de la tête et ses déviations par rapport à l'attitude normale (attitude de référence). Les impressions qui en résultent et les activités réflexes ou volontaires qu'elles entraînent sont les éléments du mouvement dirigé et du maintien de la posture.

La macule de l'utricule, disposée dans un plan horizontal joue un rôle important car sa destruction entraîne des troubles de l'équilibre. Selon DUBREUIL et BAUDRIMONT (83, p. 583) et TAIT et MAC NALLY [cités par DELL et DUMONT (78, p. 433)], le récepteur utriculaire est sensible aux lentes variations de pression. Il répond au stimulus géotropique, aux accélérations linéaires ou centrifuges. Ses émissions sensorielles ont un caractère tonique (« tonic gravitational receptors » de YOUNG J.Z.). La macule saculaire, orientée verticalement n'a qu'un rôle complémentaire, son exérèse est sans importance fonctionnelle. C'est un récepteur mécanique sensible aux tractions, pesées ou déplacements que la membrane couvrante impose aux cils. Certains auteurs estiment qu'il apprécie le sens de la direction des pressions, d'autres qu'il perçoit les vibrations de basse fréquence (infra-sons).

FLOURENS (cité par GIRARD, GRIBENSKI, SABAN...) est le premier à avoir montré la relation existant entre l'anatomie particulière des canaux semi-circulaires et leur rôle dans l'équilibration. Nous savons qu'ils occupent trois plans sensiblement orthogonaux

qui ne coïncident pas avec les trois plans de l'espace (les plans contenant les deux canaux verticaux font respectivement un angle de 45° avec le plan sagittal). Il en résulte que le canal vertical supérieur gauche occupe un plan parallèle à celui du canal vertical postérieur droit, et inversement. Des plans à peu près parallèles sinon confondus contiennent les canaux horizontaux. Une accélération angulaire produite par un mouvement de rotation ayant une composante dans le plan d'un des canaux, produit un déplacement de l'endolymphe (par inertie) qui entraîne la cupule de la crête statique : action perçue par les cils de l'épithélium sensoriel. Si la rotation est continue le mouvement de l'endolymphe cesse, pour reprendre en sens inverse quand n'agit plus l'accélération. On admet que les canaux sont unidirectionnels, c'est-à-dire que le courant endolymphatique, dans un certain sens, constitue le seul stimulus entraînant une activité réflexogène, ce qui est infirmé chez l'homme pour les canaux horizontaux (GRIBENSKI).

En conclusion l'appareil vestibulaire participe au contrôle posturo-cinétique du corps par voie réflexe et à l'entretien du tonus de base.

2) APPAREIL DE L'AUDITION :

A) Anatomie :

La fonction de l'audition apparaît dans l'échelle zoologique avec la phonation ou l'acquisition d'organes émetteurs de sons, pour assurer, entre autres buts, une meilleure adaptation au milieu et partant une meilleure conservation de l'espèce (instinct de fuite et rapprochement sexuel). Réalisé sur le même schéma que les récepteurs de l'appareil vestibulaire périphérique dont il dérive, l'organe de Corti présente un fonctionnement assez complexe pour fournir matière à plusieurs théories.

Seule l'oreille interne est indispensable à l'audition, mais chez les Mammifères l'oreille externe et moyenne sont également nécessaires. Théoriquement, les os et la caisse du tympan pourraient transmettre les ondes sonores à l'oreille interne, mais le passage direct de vibrations du milieu solide (rocher) ou du milieu aérien aux liquides périlymphatiques est difficile. La chaîne des osselets facilite ce passage grâce à l'étrier qui ferme la fenêtre ovale.

Les vibrations captées par l'oreille externe ébranlent la membrane tympanique et le marteau qui lui est solidaire. Le mouvement se transmet, par l'enclume et l'étrier jusqu'à l'oreille interne, avec la même fréquence mais une amplitude moindre, et une pression identique mais répartie sur une surface vingt fois plus petite, VON BEKESY [cité par BONNET (37, p. 684)].

Les muscles des osselets empêchent la transmission de vibrations dont l'amplitude exagérée léserait l'organe de Corti ; ils modifient la rigidité de la chaîne osseuse en fonction de la fréquence du son.

B) Fonctionnement de l'organe cochléaire :

L'enfoncement de la membrane de la fenêtre ovale par la platine de l'étrier se traduit, dans la périlymphe incompressible, par des déplacements de liquide. Le volume perdu au niveau de la fenêtre ovale est regagné, d'une part au niveau de la fenêtre ronde et du sac périlymphatique, grâce à l'ouverture de l'hélicotréma, d'autre part en écrasant le canal cochléaire aux dépens de l'endolymphe qui gagne le sac endolymphatique. Les oscillations résultantes du canal cochléaire et leurs conséquences sur les cellules sensorielles représentent le stimulus direct dans le phénomène de l'audition, mais le mode d'action a suscité plusieurs hypothèses.

a) Théorie des résonnances d'Helmholtz :

L'ébranlement transmis par le liquide périlymphatique fait entrer en vibrations les fibres transversales qui composent la membrane basilaire. La forme de cette dernière, qui s'élargit de la région vestibulaire à l'apex, accréditait cette hypothèse. De nombreux travaux ont montré que les fibres basilaires ne peuvent vibrer isolément et que leurs faibles différences de longueur ne peuvent expliquer la très fine discrémiation des fréquences audibles.

b) Théorie téléphonique de Rutherford, hypothèse d'Hardesky :

La membrane tectoriale pour l'un, la membrane basilaire pour l'autre, vibreraient comme la plaque d'un microphone, et les centres nerveux assureraient le triage et l'analyse des informations. La physiologie infirme ces théories : un nerf ne pouvant transmettre l'excitation périodique de plusieurs centaines de cycles-seconde représentant les sons audibles.

c) **Théorie des variations de la pression cochléaire de Bonnier :**

Les variations de pression imposées au canal cochléaire entraînent des déplacements de la membrane tectoriale par rapport aux cellules ciliées de l'organe de Corti que supporte la membrane basilaire. Cette hypothèse s'est trouvée en partie confirmée par l'observation directe des membranes cochléaires [(Von BEKESY, ROSENTHAL, DAVIS (72)] par l'étude des potentiels de l'oreille interne [WEVER, BRAY, SAUL, DAVIS] ou celle des microstructures (YOUNG). Von BEKESY a montré que le canal cochléaire vibrait comme une lame élastique continue et pouvait être assimilé à une membrane oscillante.

La diminution de la largeur de la lame fibreuse ou membrane basilaire, depuis l'apex au tour basal de la cochlée entraîne des variations de masse et d'élasticité.

L'étrier est mis en action par toutes les fréquences audibles et le train d'ondes résultant, transmis par le liquide périlymphatique, se propage le long du canal cochléaire à la vitesse de cinq microns par seconde. Pour les fréquences inférieures à cinquante cycles-seconde, le canal cochléaire vibre en totalité. Les fréquences supérieures à cinquante cycles-seconde vont donc faire vibrer des longueurs de plus en plus courtes de la membrane basilaire, s'étendant du vestibule à un point d'amplitude maximale. Au-delà de cette zone privilégiée les vibrations décroissent très rapidement et s'éteignent. Ainsi, pour chaque fréquence s'observe une région d'ondulation maximale. Ces régions descendent de l'apex au vestibule quand la fréquence s'accroît. Le limaçon effectue une « dissociation spatiale des fréquences » BONNET (37, p. 694). Seule l'existence de phénomènes discriminatoires complémentaires peut expliquer l'extrême sensibilité de l'oreille qui différencie des fréquences ayant quelques cycles-seconde d'écart.

La découverte des potentiels cochléaires (différences de potentiel entre un point du labyrinthe et le reste de la tête) apporta une preuve supplémentaire du rôle important de l'organe de Corti. On observe tout d'abord un potentiel endolymphatique extrêmement élevé, en dehors de toute stimulation. Il traduit d'intenses phénomènes métaboliques d'oxydation au niveau de la strie vasculaire du canal cochléaire. On peut encore dériver en des points variables de la cochlée, un potentiel microphonique nucléaire produit au niveau des cellules ciliées externes et un

potentiel de sommation né vers les cellules ciliées internes. Ces potentiels sont différents du potentiel d'action du nerf auditif. La localisation variable de ces potentiels le long de la cochlée est fonction de la fréquence. Des expériences de Von BEKESY et les hypothèses de YOUNG fondées sur des observations anatomiques, histologiques et embryologiques ont montré l'importance de la membrane tectoriale et de son glissement au-dessus des cellules ciliées. Mais on ne connaît ni le phénomène histo-physicochimique permettant de relier ce déplacement sur les cils aux potentiels cochléaires, ni le mécanisme de la décharge d'influx sensoriel dans les terminaisons dendritiques du nerf cochléaire.

III. — ESQUISSE ÉVOLUTIVE

Nous avons par ailleurs signalé la constance morphologique de l'oreille interne des Vertébrés. Un rapide examen des Invertébrés révèle des réalisations, bien plus simples certes, mais d'un plan identique qui répond aux besoins d'une même fonction.

Sur le principe d'une cavité garnie d'un épithélium différencié dont les cils viennent au contact d'organites calcaires ou de membranes mobilisés par des forces d'accélération, nous pouvons décrire de nombreux organes d'équilibration. C'est tout d'abord le statorhabde des Cnidaïres, de la classe des Automéduses, organismes primitifs encore dipoblastiques. Il s'agit d'un tentaculocyste périphérique, ou tentacule modifié, simple digitation close contenant des otolithes, dont les mouvements sont perçus par des cils périphériques. La cupule aborale des Cténaïres est une autre tentative de la nature dans le même sens. Dans les échelons supérieurs nous rencontrerons la statocyste sensu stricto, décrit par de nombreux auteurs chez les Crustacés décapodes, mais présent aussi chez des Platherminthes turbellariés, des Annelides polychètes, des Lophophoriens, de nombreuses classes de Mollusques ou d'Arthropodes et quelques Urocordés. Dans chaque embranchement, ce sont en général des représentants ayant une vie libre et active qui possèdent de tels organes. Ceux-ci sont le plus souvent groupés dans les zones de sensibilité maximale de l'individu

(tentacules des Cnidaires ou des Céphalopodes, antennes des Crustacés, pied des Gastéropodes), et toujours en relation avec les ganglions cérébroïdes. Ce n'est pas une règle absolue et de nombreuses espèces évoluées sont dépourvues d'organes d'équilibration de ce type. L'évolution se traduit par la localisation de l'épithélium en macules, uniques ou divisées, dont certaines ont peut-être un rôle acoustique (Céphalopodes) et par le développement et le plissement du statocyste qui suggère un début d'organisation spatiale. Les Insectes apportent une originale solution au passage à la vie aérienne. Le statocyste ne devient pas une poche de liquide profondément située, mais les cellules ciliées restent à la périphérie et se modifient en récepteurs de tension (sensilles). Le cil transformé en scolops, tendu dans une vacuole et en liaison avec une cellule coiffe, est animé par les vibrations de l'air ou d'une membrane superficielle (rôle acoustique). Les sensilles, souvent isolées, se groupent dans les organes chordotonaux ou dans l'organe de Jacobson.

Nous ne connaissons pas le mode de passage entre la simplicité du statocyste des Invertébrés et la complexité de l'oreille interne des Vertébrés, mais l'ontogenèse de cet organe nous permet d'imaginer, à tort ou à raison, les étapes de cette phylogenèse.

Chez les Vertébrés inférieurs, à vie aquatique, seul l'appareil vestibulaire périphérique constitue l'oreille interne. Les neuromastes du système de la ligne latérale, dérivés des mêmes placodes que l'otocyste, complètent la fonction labyrinthique en percevant les vibrations du milieu externe. L'étape capitale de l'évolution de l'organe stato-acoustique des Vertébrés est l'institution de la fonction auditive. Il semble que le point de départ soit l'existence de la capsule otique (cupule auditive primitive ossifiée). L'emboîtement du labyrinthe membraneux dans un réceptacle squelettique permet de localiser l'entrée des vibrations (fenêtres) et d'assurer leur cheminement par les liquides internes (pérlimpe et endolimpe), jusqu'à une partie spécialisée de l'oreille, dérivée du saccule (lagena ou canal cochléaire). Entre autres tentatives signalons celles réalisées chez les poissons ostariophyses. Mais la solution connaissant le plus grand développement est celle qui apparaît chez les Amphibiens et que l'on retrouve chez les Vertébrés supérieurs. Parallèlement à l'ossification et à la différenciation du labyrinthe se forme l'oreille moyenne à partir de la première

poche pharyngienne et des arcs qui la bordent. Les pièces squelettiques disponibles, en donnant les osselets, assurent une transmission directe des sons, de la membrane tympanique à la fenêtre ovale. Chez les Oiseaux et les Mammifères, le tégument en regard du tympan s'invagine et constitue le conduit auditif externe. Des bourgeons cutanés se développent sur le bord de ce conduit, fournissent le pavillon de l'oreille des mammifères. L'ensemble a reçu le nom d'oreille externe.

CHAPITRE II

TECHNIQUES D'ÉTUDE

Les observations que nous rapportons portent sur quatre-vingts rochers environ, dont la majorité provient de la salle de dissection. Soixante quinze pour cent des sujets disséqués appartiennent à l'espèce asine.

Le prélèvement des rochers n'est possible qu'au moment de la décérébration, à la fin du cycle de dissection, aussi les techniques nécessitant des pièces fraîches (injection du système vasculaire) ne furent-elles pas utilisées. Les sujets provenant de chirurgie ont été trop rares pour la mise au point d'une méthode.

N'ayant pas recueilli nous-même tous les rochers, nous n'avons pu connaître l'âge et le sexe de tous les sujets, ce qui rend impossible toute systématisation. Par ignorance, maladresse ou impatience, nous n'avons pas su tirer entièrement parti de nos premières tentatives et nous avons ainsi rendu inutilisable une vingtaine de pièces, que nous n'avons pas porté au compte de nos observations.

L'obstacle principal à l'étude du labyrinthe, signalé par tous les auteurs, est l'extrême dureté du rocher, l'un des os les plus résistant de l'économie. Toutes les techniques employées cherchent à tourner cette difficulté ; aussi sont-elles longues ou dégradantes à moins qu'elles ne réunissent les deux inconvénients.

Nous avons réalisé quarante préparations ostéologiques de rochers par ébullition prolongée dans une solution de perborate de soude. Une dizaine d'entre eux ont été sectionnés à l'aide d'une fine scie à métaux, les autres ont servi à la réalisation de moulages internes.

I. — COUPES OSTÉOLOGIQUES

Selon nos besoins nous avons choisi des plans de coupe très variables. Les plans parasagittaux présentent le plus grand intérêt tant pour l'étude du conduit auditif interne, que pour l'examen des aires criblées et la détermination des plans de référence.

II. — MOULAGES INTERNES

Nous avons rencontré certaines difficultés dans cette partie de notre travail ; seuls quatre moulages complets nous ont donné entière satisfaction, bien que trois n'aient pas résisté aux manipulations.

1) MOULAGE INTERNE EN MATIÈRE PLASTIQUE :

Cette technique est fréquemment employée au laboratoire depuis les travaux de MARTINEAU (136). La substance utilisée est une résine vinylique commercialisée sous le nom de « Rhodopas AX 90.10 ». Il s'agit d'une très fine poudre blanche soluble dans l'acétone. En quelques heures on obtient une solution laiteuse dont la viscosité croît avec la concentration. Nous utilisons en général des solutions à vingt ou trente pour cent de matière plastique, que l'on injecte avec une seringue de verre, rincée dans l'acétone. Nous colorons la masse injectable par l'addition d'une très faible quantité de pigment en pâte « Microsol-Ciba », écarlate, bleu ou jaune. Les manipulations sont simples. Le rocher est enrobé de plâtre ou de pâte à modeler pour éviter les fuites. Deux petites canules sont fixées, l'une dans le conduit auditif interne, l'autre contre la fenêtre ronde ou dans le conduit auditif externe. Il est bon de rincer la pièce à l'acétone. Pendant la durée des manipulations il faut éviter d'introduire la moindre trace d'eau, qui accroît brutalement la viscosité et rend la solution inutilisable. En obturant de façon intermittente l'un des orifices on peut créer des pressions et dépressions successives qui facilitent la pénétration du liquide. La prise en masse de la solution se fait par évaporation de l'acétone.

Ce processus très lent dans les cavités du labyrinthe osseux, donne un moulage fidèle mais très fragile. En effet, une mince pellicule de matière plastique couvre toute la paroi osseuse par un phénomène de tension superficielle, et l'on obtient un moulage creux difficile à manipuler. On peut accélérer la prise en masse en plongeant le rocher dans l'eau. Le moulage offre plus de résistance mais subit une importante rétraction (20 à 25 %) qui l'éloigne des parois, lui donne un aspect grenu et fausse les mesures. Pour libérer le moulage on corrode le rocher par l'acide chlorhydrique du commerce. Il convient d'utiliser des bacs de verre que l'on couvre et de les éloigner de tout matériel métallique que les vapeurs acides oxydèrent très rapidement. La durée de la corrosion varie de douze à vingt jours. Il est bon de patienter le plus longtemps possible et de pratiquer des corrosions itératives entrecoupées de minutieux lavages et grattages contrôlés à la loupe binoculaire. Un faux mouvement entraîne souvent la rupture des canaux au sommet de leur boucle ou au point d'union des ampoules avec le vestibule. Ce type de matière plastique qui donne satisfaction pour les moulages de l'appareil circulatoire ou bronchique ne convient guère pour le labyrinthe osseux. Nous avons essayé de mouler les cavités de cinq os temporaux entiers et celles de treize rochers. Trois pièces complètes ont pu être dégagées. Les moulages fragmentaires présentent cependant quelque intérêt : ils montrent les rapports du labyrinthe avec l'oreille moyenne, les conduits du nerf facial, des nerfs pétreux et donnent une bonne représentation des aires criblées, notamment celle de la columelle. Ce matériel est très fragile et n'a pas bel aspect.

Nous pensons que l'emploi de résines epoxy polymérisables à froid et in situ par l'addition d'un catalyseur, permettrait l'obtention de bons moulages. [CHARACHON (57, p. 31); SWINYARD, DOLOWITZ, SELIGER et KAMRIN (165)].

2) MOULAGE INTERNE AU MÉTAL DE WOOD :

Devant l'échec des injections de matière plastique, nous avons eu recours aux injections de métal de Wood, largement employées par d'autres auteurs. [CATHCART (55) ; MILES (139) ; PETERSON (144) ; SIEBENMANN (161)]. Il s'agit d'un alliage composé de cadmium (3 p), bismuth (16 p), plomb (8 p), étain (4 p), qui fond

à 82° Celsius. Son emploi est aisé si l'on dispose d'un four Pasteur. On enrobe le rocher d'une épaisse gaine de plâtre, maintenant deux tubes de verre de dix centimètres, coudés en équerre, qui permettent d'accéder au labyrinthe par le conduit auditif interne et la fenêtre ronde. De la colle « Scotch », qui durcit à la chaleur, cimente le tube contre l'os et assure une bonne étanchéité. Quand le plâtre est sec nous portons la pièce au four pendant quelques heures à une température de cent degrés environ. Le métal est maintenu à la même température. Il est versé dans l'un des tubes avec un cornet de carton qui joue le rôle d'un entonnoir. L'un des tubes peut être obturé à la flamme, avant cette opération. Cela augmente la pression exercée par la colonne de métal qui remplit les tubes. On peut faciliter la pénétration du métal dans le labyrinthe en imprimant au rocher une force centrifuge. L'ensemble refroidit lentement. Il suffit de casser le plâtre et de plonger la pièce dans un bain corrosif. SIEBENMANN recommande l'emploi d'une solution aqueuse à vingt pour cent de soude pendant six semaines suivie d'un bain dans une solution aqueuse faible d'acide chlorhydrique, pendant quelques jours. Nous avons employé des corrosions itératives dans de l'acide chlorhydrique dilué, entrecoupées de fréquents lavages. Des solutions faibles à dix ou quinze pour cent d'acide chlorhydrique conviennent à cet emploi. Les causes d'échec résident en général dans l'impatience de l'expérimentateur et les maladresses qu'elle entraîne, et dans la légère rétraction du métal de Wood lors du refroidissement, qui fragmente le moulage des canaux, isolant parfois un arc de quelques millimètres. Souvent des obstacles s'opposent à la progression du métal dans les canaux, surtout dans les aqueducs. Un séjour dans un bain d'acide nitrique à six pour cent suivi d'un énergique lavage sous pression peut supprimer ce défaut. Il faut éviter la corrosion à l'acide nitrique, ou à l'acide sulfurique qui attaquent fortement le métal et le rendent friable. Nous pensons qu'une corrosion de deux mois dans des solutions très faibles de soude puis d'acide chlorhydrique éviteraient les ennuis d'un démoulage hâtif. Car toute traction, même légère, brise les canaux au niveau de la branche commune, qui traverse un des noyaux d'ossification, très long à se décalcifier ; on devine ce que deviennent alors les moulages des fins canalicules dont on note parfois la trace autour du conduit auditif interne ou le long de l'aqueduc du vestibule.

3) MOULAGES PARTIELS AU MÉTAL DE WOOD :

N'ayant obtenu que deux moulages acceptables par le procédé précédent, après plusieurs tentatives sur des rochers d'équidés et de chien, nous avons réalisé des moulages sur des rochers sectionnés selon un plan frontal ou transversal. De fins et souples mandrins sont glissés dans les canaux semi-circulaires dont les ouvertures vestibulaires sont devenues accessibles, et laissés à demeure. Ils dégagent les canaux de tout obstacle, servent de guide au métal de Wood. Ils permettent des mesures précises quand bien même le moulage se fragmenterait lors de la corrosion, car ils résistent bien à l'acide. Par ces deux procédés nous avons obtenu quatorze moulages utilisables.

III. — ETUDE DU LABYRINTHE OSSEUX EN PLACE

La technique précédente fut utilisée pour l'étude de l'orientation du labyrinthe. Après avoir scié un crâne d'âne selon le plan sagittal, nous avons détaché la partie postérieure gauche selon un plan frontal mené par l'axe qui joint le conduit auditif externe au conduit auditif interne. Une section frontale plus antérieure détacha la partie postérieure droite, contenant toute la portion auriculaire de l'os temporal. Une section transversale menée par le milieu du conduit auditif interne sépara alors le rocher droit en deux moitiés, supérieure et inférieure. Après avoir dégagé du reste de l'occipital les moitiés de rocher postérieure gauche et supérieure droite, nous avons injecté le métal de Wood. Les moulages ainsi obtenus furent soigneusement réunis à leurs moitiés correspondantes en se repérant sur les orifices des canaux semi-circulaires et le conduit auditif interne. Puis l'occipital fut remis en place.

Planche (IX) Figure (2).

Une autre technique, déjà employée par HADZISELIMOVIC et SAVKOVIC (110, p. 358) nous a donné une assez bonne représentation de la position du labyrinthe dans le crâne. Nous avons dégagé les temporaux droits et gauches d'une tête osseuse de cheval en ménageant les symphyses articulaires. L'os ainsi isolé est sculpté avec une fraise de dentiste en commençant au niveau du conduit auditif interne. Pour nous repérer nous avons essayer

d'injecter une matière colorante, puis du métal de Wood. Ces deux substances guides furent inutiles. Il est préférable de suivre l'aqueduc du vestibule, en l'ouvrant sur toute sa longueur avec une fraise de faible diamètre. On croise alors la branche commune des canaux verticaux. Le tour basal de la cochlée dessine médialement le relief horizontal (crête transverse) du conduit auditif interne, et latéralement le relief du promontoire. Nous avons été beaucoup gêné dans cette technique par la dureté de l'os et l'absence de repères précis. Nous pensons qu'il est bon d'atteindre la lumière d'un canal et d'ouvrir une étroite tranchée sur son bord convexe, ce qui permet de dégager de proche en proche tout le labyrinthe, en contrôlant l'épaisseur de la paroi osseuse conservée.

IV. — SOLUTIONS DÉCALCIFIANTES

La sculpture au scalpel de rochers longuement ramollis par une décalcification ménagée permet d'isoler le labyrinthe osseux. Chez les Equidés, celui-ci n'est plus, comme on le constate chez certains animaux, une entité anatomique qu'une couche de tissu spongieux sépare de la portion pétreuse du temporal. Aussi faut-il avoir recours à cet artifice technique qui ne donne que des résultats moyens et nécessite une certaine virtuosité.

Nous avons essayé plusieurs solutions décalcifiantes. Leur point commun est leur faible concentration qui entraîne un renouvellement fréquent. Pour hâter le processus les parties décalcifiées sont ôtées à la pince et au scalpel sous la loupe binoculaire.

Parmi les agents décalcifiants, acides habituels, nous avons expérimenté les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique ou d'acide nitrique, avec ou sans addition de formol, qui évite le gonflement du tissu décalcifié : NO_3H à 5 % ; HCl à 5 ou 10 % ; Solution de CLAUDE (61, p. 132) : NO_3H pur 5 p ; formol à 40 %, 5 p. ; eau distillée 90 p. Solution de CHARACHON (57, p. 29) : HCl 10 %, formol 10 %, eau 80 %]. Ces solutions agissent lentement sur le rocher des Equidés, et elles endommagent beaucoup les parties membraneuses du labyrinthe. Si l'on cherche à amincir la préparation pour en faire une pièce anatomique intéressante, elle se rompt, le plus souvent au niveau du conduit au-

ditif interne et du bec du promontoire, entraînant la destruction du vestibule. En effet les minces parois de ce dernier sont rapidement ramollies alors qu'un bloc osseux très dense entoure encore les canaux.

Pour hâter la décalcification et réduire le temps d'action sur le labyrinthe membraneux, nous avons recherché des solutions plus efficaces sans augmenter la concentration en acide. Nous avons essayé des solutions de phloroglucine dans l'acide nitrique selon une formule propre au laboratoire. Il faut, dans un premier temps, chauffer graduellement un gramme de phloroglucine dans dix millilitres d'acide nitrique pur, puis, dans un second temps, ajouter cent millilitres d'eau distillée et dix millilitres d'acide nitrique pur. La première solution doit être préparée avec la plus grande prudence ; nous l'avons expérimenté à nos dépens. Tout d'abord les quantités de produits ne doivent pas dépasser celles que nous citons, car la réaction devient alors si brutale qu'elle est incontrôlable. Le chauffage est graduel, doux, entrecoupé de moments de repos. La solution est agitée doucement au-dessus de la flamme. Quand les vapeurs nitreuses apparaissent, il faut bientôt interrompre le chauffage. Sinon la réaction de décomposition s'accélère brutalement, ce qui, d'une part est dangereux, et d'autre part, pour une raison inconnue, diminue beaucoup le pouvoir décalcifiant. Lorsque l'on évite ces écueils, on obtient un produit efficace à condition de le renouveler souvent.

SCOTT (158, p. 328 et 332) utilisa des solutions de phloroglucine dans l'acide nitrique à quinze ou vingt pour cent, préparées à froid, semble-t-il, et lui donnant satisfaction pour le rocher humain (durée de la décalcification : 72 heures à 7 jours). Nous n'avons pas eu l'occasion de les essayer.

GRAY (103, p. 380) recommande une préparation à base d'acide nitrique (2 vol.), d'acide chlorhydrique (2 à 3 vol.) et d'eau (6 à 18 vol.). La décalcification est rapide, et satisfaisante malgré la coloration rougeâtre de la pièce, qui rend délicate la distinction entre l'endioste et le reste du rocher.

Nous avons obtenu sept labyrinthes osseux par ces diverses méthodes. Les renseignements que donnent ces pièces sont assez décevants, et leur utilisation en histologie n'a guère d'intérêt car les structures fines (aires sensorielles) sont détruites.

Isolement du labyrinthe membraneux (Technique de GRAY) :

GRAY (103 et 104) conseille de faire précéder la décalcification d'un enrobage du labyrinthe membraneux dans la paraffine. Cette technique a été reprise par GRIMES (Bull. Soc. Anat., 9 fév. 1924) qui substitue la celloïdine à la paraffine.

La technique de GRAY est longue (deux à trois mois), mais donne de bons résultats du point de vue macroscopique. Les longs bains d'alcool et de xylol détruisent les structures fines.

Après avoir éliminé l'os inutile on dégage l'étrier avec précaution et l'on retire la membrane de la fenêtre ronde. Le promontoire est ouvert au niveau de l'apex et l'on essaye d'ouvrir le sommet du canal supérieur ou du canal externe si le rocher le permet (c'est très difficile chez les Equidés faute de repères précis). On passe la pièce dans des bains successifs d'alcool à 90° (15 jours), d'alcool absolu (15 jours), de xylol (15 jours), de paraffine (3 bains en 15 jours). Refroidi et gratté superficiellement, le rocher est décalcifié ensuite dans la solution de GRAY (cf. supra), pendant un mois environ. Le lavage à l'eau courante permet d'isoler un moulage à la paraffine du labyrinthe osseux contenant le labyrinthe membraneux, que l'on dégage par un bain dans l'alcool absolu (10 jours) suivi d'un passage dans le xylol.

Nous n'avons pas obtenu de labyrinthe complet au cours de nos tentatives car nos moulages se sont brisés au niveau des canaux. Nous avons alors essayé des enrobages partiels, sur des rochers largement ouverts, qui fournissent de bonnes représentations de la cochlée et du vestibule. Nous avons ainsi préparé huit pièces.

V. — DISSECTION

Nous les avons faites sous la loupe binoculaire (obj. 3,5, ocul. 10 ou 15) à l'aide de gouges, ciseau et scalpel. Il nous est arrivé parfois de fracturer préalablement le rocher en le serrant dans les mâchoires d'un étau. L'os, judicieusement placé, se fissure au-dessous du conduit auditif interne réservant un libre accès au vestibule. La cochlée souffre parfois d'un tel traitement. L'abord par les fenêtres est délicat car le bec du promontoire se rompt soudainement, entraînant la portion vestibulaire du canal cochléai-

re. Des observations portant sur une trentaine de rochers nous permettent, par recoupements, de nous représenter le labyrinthe membraneux in situ. A la faveur de ces dissections nous retirâmes telle ou telle partie du labyrinthe en vue de l'examen histologique, sans que celles-ci souffrent de la violence des agents décalcifiants. Mais le long intervalle entre la mort et le prélèvement favorise la lyse de l'épithélium cilié. Des prélèvements plus importants autorisaient l'observation par transparence sous la loupe binoculaire (obj. $\times 7$, oc $\times 20$).

Bien que fort dégradante pour l'ensemble du labyrinthe, cette technique est à la base de la plupart de nos observations. Elle demande une certaine habileté qui naît de la répétition. Pour faciliter l'accès au labyrinthe membraneux nous avons essayé de congeler certains rochers (-30°C) avant de les scier, selon des plans variables. Les résultats sont divers et n'apportent pas toujours des renseignements valables (Planche I).

VI. — TRANSPARIFICATION

Sur deux de nos labyrinthes osseux dégagés par décalcification, nous avons tenté, après passage à l'eau oxygénée, de les transparifier en allongeant la durée des bains histologiques précédant l'inclusion. Un long séjour dans le toluène transparifie légèrement l'os ; permettant l'examen du labyrinthe membraneux. Les reproductions photographiques de telles pièces sont peu lisibles. Nous n'avons pas essayé la technique de transparification de SPATEL-HOLZ.

VII. — RADIOGRAPHIE

La densité du rocher des Equidés rendit difficile les examens radiographiques, avec les appareils dont nous disposions. Même après avoir ôté l'os superflu et introduit des fils métalliques dans les canaux, les résultats restèrent médiocres.

VIII. — RECONSTRUCTION

Nous avons reconstruit les vésicules auditives de deux embryons d'équidés, selon la méthode de BORN (39, 40, 41). Les coupes examinées sur l'écran du lanamètre de REICHERT furent reproduites sur des plaques de carton d'épaisseur constante (2 mm) et le dessin obtenu découpé à la scie de modéliste. Nous avons essayé par ailleurs des reconstructions avec des lames de cire de notre fabrication, mais le caractère artisanal de celle-ci n'offrait pas une garantie suffisante quant à la constance d'épaisseur des plaques. Une autre difficulté fut l'absence de plans-guides qui font que nos reconstructions sont sujettes à caution malgré l'application des corrections de HJORTSJÖ (120). Nous disposions des photos de nos embryons, prises avant les temps d'inclusion, ce qui introduit une erreur due à la rétraction (estimée à 8 ou 20 % par IVOR BROMAN, cité par CHATELLIER (59).

Nous ne possédions pas de labyrinthe membraneux d'adulte permettant la reconstruction à partir de coupes sériées.

IX. — HISTOLOGIE

Nous avons débité seize blocs histologiques, en coupes de cinq microns d'épaisseur, colorées au glychémalum-érythrosine. Nous avons essayé la technique de coloration en masse du nerf statocoustique selon RASMUSSEN (152). La coloration fut incomplète sur les rochers d'équidés, elle nous a donné satisfaction avec un labyrinthe de chat.

SECONDE PARTIE

ÉTUDE EMBRYOLOGIQUE

La morphogenèse du labyrinthe explique sa complexité anatomique.

Dans ce chapitre nous rappellerons les notions actuelles sur la formation de l'oreille interne des Mammifères, puis nous ferons part de nos observations personnelles, succinctes, faute de temps et de matériel. Une étude complète justifierait à elle seule une thèse.

CHAPITRE PREMIER

DÉVELOPPEMENT DU LABYRINTHE DES MAMMIFÈRES

I. — GÉNÉRALITÉS

Le labyrinthe membraneux dérive de la placode auditive, simple épaissement de l'épiblaste céphalique. Cette placode apparaît précocement (dès la troisième semaine chez l'embryon humain), sous l'influence d'un foyer d'induction situé dans la corde et le mésoblaste paracordal antérieur. L'action de cet inducteur est renforcée ensuite par celle du rhombencéphale. L'intensité du flux inducteur, plus grande au centre du foyer, entraîne la prolifération des cellules centrales de la placode et la transforme en fossette ou otocyste qui s'invagine progressivement [CORDIER et DALCQ (64, p. 468)]. L'accroissement du mésoblaste bordant cette cupule, resserre peu à peu l'ouverture jusqu'à l'occlusion complète, et transforme l'ébauche auditive en vésicule ou otocyste.

Le stade précédent se manifeste vers le vingt-cinquième jour de vie foétale pour l'espèce humaine. Vingt-cinq autres jours vont être nécessaires pour modeler le labyrinthe membraneux dans sa forme quasi définitive.

En même temps qu'évolue la placode otique, la gouttière neurale devient un tube. Cette modification soulève le bord dorsal de l'embryon et éloigne l'otocyste de l'ectoderme. Plaqué contre le rhombencéphale, il va subir son action inductrice.

Sous cette influence la vésicule auditive se développe dans une direction ventrale, parallèle à celle du plancher rhombencéphalique, à partir d'un point fixe représenté par le bord dorsal de l'otocyste. [EYRIÈS, PERLÈS (91, p. 5), EYRIÈS, PERLÈS, PINEAU (92, p. 883)]. Cette région, futur canal endolymphatique, se situe en regard de la plaque dorsale du rhombencéphale (tectoria du quatrième ventricule) à la frontière des vésicules cérébrales quatre et cinq (quatrième rhombomère) [Da COSTA (65, p. 421) DUBREUIL (82, p. 383)].

Vers le trentième jour le canal endolymphatique est formé. Un sillon externe le dégage peu à peu du reste de la vésicule, dont le volume augmente. Puis une légère concavité creuse la paroi externe de l'otocyste isolant un étage dorsal utriculaire et un étage ventral cochléosacculaire. La poche utriculaire porte bientôt trois évaginations. Chacune d'elles s'agrandit et ses parois opposées se rapprochent et s'accolent. L'ensemble figure, selon EYRIÈS, des « demi-disques creux à bords renflés ». Le centre de la zone de contiguité se résorbe ne laissant que la périphérie de chaque disque. On peut dès lors parler de canaux semi-circulaires. Le sillon utriculo-sacculaire embrasse bientôt toute la vésicule et l'étrangle. Il ne reste qu'un canal de communication, dérivant de l'abouchement du canal endolymphatique, CHATELLIER (59). La communication cochléo-sacculaire se réduit aussi à la taille du mince canal de HENSEN. Dès le premier stade vésiculaire les cellules de la partie profonde de l'otocyste émigrent et composent un ganglion dont l'évolution suivra celle du labyrinthe.

II. — POINTS PARTICULIERS

Revenons brièvement sur les points importants.

1) CANAL ENDOLYMPHATIQUE :

D'abord digitiforme puis lancéolée, son extrémité distale se renfle en un sac endolymphatique sous-duremérien, surmonté d'un fin canalicule borgne, le **filum terminale** [ANSON (2)]. Le canal endolymphatique acquiert son individualité anatomique par suite du développement du canal semi-circulaire supérieur, qui semble le rejeter sur la face interne. Il garde son mode de croissance ver-

tical. La coudure observée dans les stades ultérieurs naît du creusement de l'étage postérieur de la base du crâne. La partie proximale du canal abouchée sur la paroi interne est intéressée par l'étranglement utriculo-sacculaire, ce qui explique selon CHATELLIER, sa division secondaire en branche utriculaire et branche sacculaire débouchant dans un sinus commun.

2) CANAUX SEMI-CIRCULAIRES :

Lors de la formation des canaux semi-circulaires, l'ampoule s'évagine d'abord, bientôt suivie par le reste du canal. Le canal supérieur est le premier à se développer et garde son avance jusqu'à son achèvement. Apparaissent ensuite les canaux postérieur et externe. Chez l'embryon humain la différenciation des canaux s'effectue entre le septième et le quarante-neuvième jour de vie embryonnaire. A cette époque l'histogenèse a débuté et l'on peut nommer crêtes acoustiques, les reliefs mousses saillants dans la lumière de l'ampoule. Vers le soixante-dixième jour se distinguent cellules ciliées et ampoules. Il est possible que la cupule soit sécrétée par certaines cellules de la crête acoustique pendant une courte période de l'ontogenèse. Le reste du canal involue jusqu'à ne posséder qu'une seule couche cellulaire pavimenteuse. Les fibres des nerfs ampullaires sont en place dès le cinquième jour.

3) ORGANISATION DU VESTIBULE :

Nous avons succinctement exposé la théorie classique de la formation du vestibule qui s'appuie sur les travaux de BÖTTCHER, CHATELLIER, DENIS, BAST et ANSON. Pour ces auteurs, trois plis apparaissent successivement : l'un sépare le canal endolymphatique du reste de la vésicule, l'autre cloisonne l'utricule et la poche cochléo-sacculaire, et un troisième lui fait face et reste peu marqué. La paroi externe du canal endolymphatique s'adosse à la muraille interne de l'utricule en formant une valvule longuement étudiée par BAST, ANSON et WILSON.

EYRIÈS et PERLÈS infirment cette hypothèse en invoquant le principe de l'unité de développement et en observant attentivement, à la faveur de reconstructions, l'ontogenèse du saccule, du canal cochléaire et particulièrement du cul-de-sac vestibulaire de REICHERT.

Par des phénomènes synchrones d'évagination et de résorption suivis de remaniements cellulaires, s'individualisent utricule, saccule, canal cochléaire et canal de Hensen. Par exemple les bords antérieurs et postérieurs de la vésicule auditive s'accolent et se résorbent au-dessous de l'évagination sacculaire pour ne laisser subsister que le canalis reuniens de HENSEN. Les inégalités de croissance des poches utriculaire et sacculaire font apparaître les sillons de BAST, qui ne sont plus la cause du processus, mais sa conséquence.

4) CANAL COCHLÉAIRE :

Le développement du labyrinthe membraneux doit être considéré du point de vue de l'histogenèse et de la morphogenèse car elles sont simultanées. Le futur canal cochléaire se distingue dès le quarantième jour de vie fœtale, sous l'aspect d'un prolongement falciforme de la vésicule auditive qui oblique vers l'avant et l'intérieur. La spire basale est modelée vers le cinquantième jour et l'enroulement se poursuit. Le tube cochléaire de section primitivement ovale devient peu à peu quadrangulaire puis triangulaire, du fait de la différenciation de l'organe de Corti et des structures associées. Les parois interne et inférieure du limaçon portent un épithélium pluristratifié, ébauche de l'organe de Corti. Les parois opposées formées d'un simple épithélium donneront la membrane de REISSNER. L'organe de Corti se différencie peu à peu et la membrane tectoriale le recouvre. Ce n'est encore qu'une mince bande de tissu collagène fibrillaire. En même temps que des cellules neuroépithéliales se transforment en cellules ciliées, une involution de l'épithélium sous la membrane tectoriale contribue à la formation du sillon spiral interne. Entre les rangées des cellules ciliées la résorption cellulaire creuse le tunnel de Corti limité par des cellules de soutien profondément modifiées : les piliers [PRITCHARD (150)]. Comme le canal cochléaire croît par multiplication des cellules de la région distale, l'histogenèse n'est pas simultanée tout au long du canal, elle s'installe progressivement du vestibule vers l'apex.

L'enroulement de la cochlée a donné lieu à trois théories, la dernière en date faisant appel à l'induction du nerf cochléaire qui produirait une inégalité de croissance linéaire entre les parois externe et interne.

5) NERF STATO-ACOUSTIQUE :

On admet actuellement l'origine uniquement placodale des ganglions de Corti et de Scarpa. Les fibres constituant le nerf stato-acoustique partent de ces cellules ganglionnaires. Le nerf cochléaire s'individualise avant le nerf vestibulaire. Leur développement suit celui du labyrinthe.

6) VASCULARISATION :

Les artérioles procèdent de l'artère auditive interne. Les veines suivent la ligne de croissance de l'organe et s'échappent le long du canal endolymphatique et par l'aqueduc du limaçon.

7) CAPSULE OTIQUE :

La capsule otique, ou capsule labyrinthique, se constitue à partir du mésenchyme qui entoure la vésicule auditive. Ce mésenchyme en se densifiant devient une masse précartilagineuse. Le cartilage vrai se substitue à cette esquisse de capsule otique et moule le labyrinthe membraneux dont il suit la croissance. Un intervalle ménagé entre la partie cartilagineuse cochléaire et la portion vestibulaire assure la sortie des fibres du nerf stato-acoustique qu'accompagnent celles du facial et de l'intermédiaire de Wrisberg. L'ossification débute tardivement. Elle procède par points qui s'unissent en s'accroissant. Leur nombre varie avec l'espèce considérée et selon l'interprétation des auteurs [CLAOUE (62, p. 28) ; ANSON et BAST (6); HOYTE (122); THOMAS (168)]. Longue à débiter (cinquième mois pour le fœtus humain) elle s'achève rapidement (trois semaines). Il se forme une couche centrale d'os enchondral prise entre une couche interne et une couche externe d'os périenchondral. La columelle, axe conoïde de la cochlée, s'ossifie directement à partir du mésenchyme, par un processus analogue à l'ossification de membrane des os crâniens. On doit la considérer comme un organe extralabyrinthique qui enveloppe le faisceau vasculo-nerveux.

8) FORMATION DES ESPACES PÉRILYMPHATIQUES :

La capsule otique en moulant le labyrinthe enferme une couche de mésenchyme qui involue et se résorbe. Il ne subsiste qu'un réticulum lâche, au niveau des canaux semi-circulaires et de l'utri-

culé. Autour du canal cochléaire ce tissu à mailles n'existe pas. Une lame mésenchymateuse soutient la face inférieure du limaçon membraneux et unit un prolongement de la columelle (lame spirale), à un prolongement analogue mais plus réduit de la paroi opposée de la capsule otique. Au-dessus et au-dessous du canal cochléaire, le mésenchyme disparaît en laissant les rampes vestibulaire et tympanique communicant par l'hélicotréma.

Des îlots de mésenchyme subsistent chez l'adulte et constituent la **fossula post-fenestram** et la **fissula ante-fenestram** de part et d'autre de la fenêtre ovale. La fissula ante-fenestram, traînée conjonctive unissant l'oreille interne à la caisse tympanique joue, selon certains auteurs, un important rôle physiologique [ANSON (3) ; CAULDWEL (56) ; YOUNG M.W. (187)].

CHAPITRE II

OBSERVATIONS PERSONNELLES

On conçoit qu'il soit difficile de se procurer des embryons d'Equidés aux premiers stades de la vie foétale. Nous disposons de la collection du Laboratoire, dont huit embryons non ossifiés. Deux séries entièrement colorées au glychémalun-érythrosine ont permis des reconstructions. Pour les autres, faute de temps, nous nous sommes limités à l'examen microscopique.

1) EMBRYON I (référence de collection J 5)

Longueur directe vertex-coccyx : 8,8 mm.

Longueur circonférentielle dorsale vertex-coccyx : 14,5 mm.

Longueur circonférentielle dorsale bout du nez - bout de la queue : 21 mm.

26 à 30 somites post-otiques.

7 rhombomères.

Age approximatif : 20 - 25 jours.

Cet embryon a été débité en coupes sériées transversales, légèrement inclinées d'avant en arrière, avec une obliquité transversale de six à sept degrés. Toutes les coupes, d'une épaisseur moyenne de cinq microns, sont colorées (glychémalun-érythrosine).

Le tube neural est clos. L'encéphale n'a pas encore atteint le stade quinquévésiculaire. Les otocystes sont plaqués au niveau du quatrième rhombomère métencéphalique. Ce sont des vésicu-

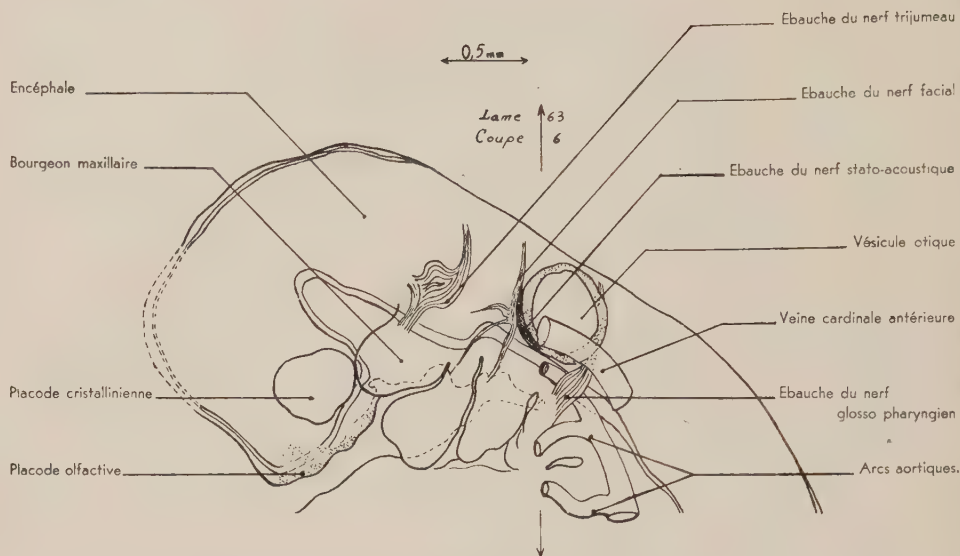
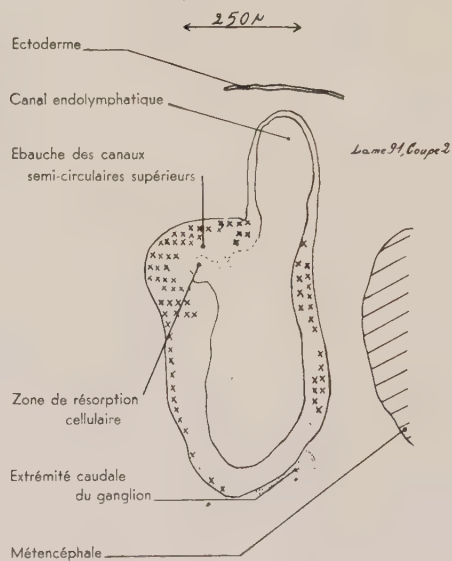


Figure 3. — EMBRYON DE 8,8 mm

RECONSTRUCTION GRAPHIQUE SCHÉMATIQUE DE L'EXTRÊMITÉ CÉPHALIQUE

[VUE LATÉRALE GAUCHE]

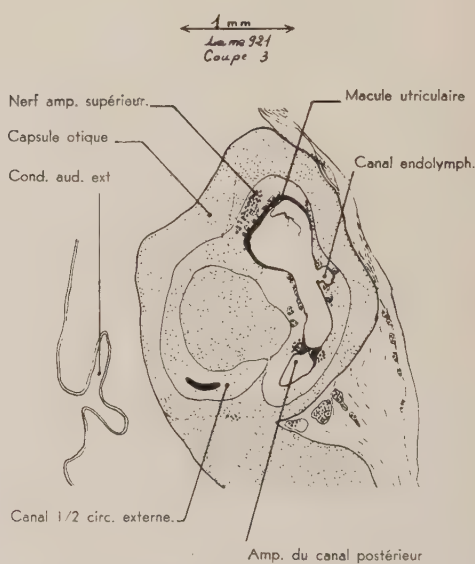
Figure 4. — EMBRYON DE 9,5 mm



VÉSICULE AUDITIVE GAUCHE

(COUPE SENSIBLEMENT FRONTALE, DECALQUE SCHÉMATIQUE,
LES CROIX INDIQUENT LA DENSITÉ CELLULAIRE)

Figure 5. — EMBRYON DE 48 mm



CAPSULE OTIQUE GAUCHE

(COUPE MENÉE PAR LE CANAL HORIZONTAL,
DECALQUE SCHÉMATIQUE)

les closes ; il ne subsiste pas de trace de l'invagination (cordon cellulaire d'EYRIÈS). Le plan de coupe intéresse le bord caudal de l'otocyste gauche sur la sixième coupe de la lame 56, celui de l'otocyste droit sur la première coupe de la lame 59.

Il les abandonne respectivement au niveau de la quatrième coupe de la lame 65 et de la sixième coupe de la lame 67. Les deux vésicules affectent la forme d'un galet plat. Leurs dimensions moyennes sont les suivantes : hauteur 500-540 microns, longueur 400-440 microns, épaisseur 230-240 microns. La paroi interne est sensiblement verticale ; une très légère convexité soulève son tiers ventral. La paroi externe, régulièrement convexe, dessine une courbe agréable que rompt au tiers postérieur et supérieur le sillon d'isolement du futur canal endolymphatique (Planche III, fig. 6). Les bords sont mousses et régulièrement arrondis ; le plus mince (partie postérieure du bord supérieur) correspond à l'ébauche du canal endolymphatique, le plus large est l'inférieur. L'épaisseur des parois varie entre 15 et 60 microns. Les cellules ganglionnaires nées de la prolifération de la partie ventrale de l'otocyste se distinguent parfaitement par leur coloration plus soutenue, apparaissent sur la lame 61 ; on peut les suivre jusque sur la lame 67. Elles semblent d'abord faire partie de la paroi ventrale puis le ganglion s'individualise pour former une masse distincte histologiquement, mais sans relief apparent. Il épouse le contour de la vésicule qu'il prolonge vers l'avant et le haut. Il y a une ébauche de nerf stato-acoustique. On suit en effet un cordon de cellules orientées qui croise celui du nerf facial de bas en haut et de dehors en dedans. Cette traînée cellulaire rejoint le bord supérieur du métencéphale et semble y pénétrer. Les deux vésicules sont étroitement coincées entre l'ectoderme qui épouse leur contour externe (artefact) et le rhombencéphale dont une très mince couche mésenchymateuse les sépare. Le bord supérieur de l'otocyste est au niveau du bord dorsal du tube nerveux. A ce niveau une petite veine l'isole de l'ectoderme. La vésicule est en rapport avec le nerf glosso-pharyngien qu'elle recouvre de son extrémité caudale, et avec la veine cardinale antérieure, qui longe latéralement sa portion ventrale (Planche II, fig. 3).

Dès la troisième semaine les constituants essentiels de l'oreille interne sont donc différenciés.

2) **EMBRYON 2** (référence de collection J 13)

Longueur directe vertex-coccyx : 9,5 mm.

Age approximatif : 4 semaines environ.

Cet embryon a été débité en coupes séries longitudinales de cinq microns d'épaisseur. Les lames portant cinq coupes sont colorées de cinq en cinq au glychémalun-érythrosine. Le plan de coupe s'écarte beaucoup du plan parasagittal idéal. Une importante déviation de la tête vers la gauche rend délicate l'interprétation des coupes. Ainsi la vésicule gauche paraît coupée selon un plan frontal, et la vésicule droite selon un plan transversal très oblique. En fait il s'agit d'un plan intermédiaire.

Cependant l'examen microscopique des lames 81 à 91 (oreille gauche) 121 à 131 (oreille droite) montre des modifications par rapport au stade précédent. La taille de la vésicule augmente : hauteur 750 microns, longueur 450 microns, épaisseur 270 à 300 microns. Le canal endolymphatique est déjà un diverticule remarquable (Planche II, fig. 4).

Cette digitation à peu près cylindrique mesure 220 microns sur 150 microns de diamètre. Son bord interne prolonge la paroi médiane de l'otocyste, un début de sillon le sépare de l'ébauche des canaux supérieurs. Il est à peu près équidistant des bords rostral et caudal de la vésicule comme on l'observe sur les lames 86 et 131. Son extrémité dorsale, proche de l'ectoderme et du métencéphale est constituée d'un épithélium pavimenteux, simple au sommet puis à deux rangs de cellules. Il croît par prolifération des cellules de sa base. L'invagination de l'ébauche des canaux supérieurs dessine un léger relief par rapport au reste de la vésicule. La minceur relative du canal endolymphatique le met bien en évidence. Il faut remarquer l'épaisseur de la paroi à ce niveau (une dizaine de rangées de cellules). Les cellules internes semblent subir une involution. Il s'agit peut-être d'un artefact dû à l'obliquité de la coupe qui n'intéresserait que la partie supérieure des cellules, sans le noyau, donnant l'aspect réticulé d'un tissu involutif. Ce phénomène apparaît nettement sur la lame 91. On peut remarquer sur la lame 86 un épaississement de moindre importance en regard du ganglion stato-acoustique. Ce dernier, bien développé, s'écarte légèrement de la vésicule. Sur la lame 121

(coupe 5) les cellules ganglionnaires paraissent jaillir hors de la vésicule, évoquant le terme « d'hémorragie cellulaire » par lequel certains auteurs décrivent la réunion du ganglion à la vésicule. Le nerf glosso pharyngien se trouve maintenant en arrière de l'ébauche auditive. Toutes les coupes révèlent une plus forte densité périphérique des noyaux. Bien que ce stade soit assez proche du précédent et que seul le canal endolymphatique se détache de la vésicule, des condensations cellulaires se produisent en vue de profondes modifications.

3) EMBRYON 3 (référence de collection J 14)

Longueur vertex-coccyx : 12,5 mm.

Age approximatif : 5 semaines.

Cet embryon a été débité en coupes séries transversales (série continue). Mais la tête est déviée et fortement endommagée, notamment au niveau de la paroi externe de la vésicule auditive droite. Nous avons pu reconstruire plastiquement l'oreille interne gauche (Planche III, fig. 7). On observe l'otocyste gauche des lames 8 à 39 et l'otocyste droit sur les lames 38 à 58. Les dimensions moyennes sont les suivantes : hauteur maxima 1.400 microns, longueur maxima 950 à 1.000 microns, épaisseur maxima 600 microns, épaisseur moyenne 350 à 450 microns. L'ensemble de la vésicule s'est allongée et affinée ; l'épaisseur a très peu varié par rapport au stade précédent. Le diverticule endolymphatique mérite le nom de sac endolymphatique. A l'exception de ses extrémités, il s'est élargi et sa paroi interne se plisse en trois ou quatre sillons (lame 8, coupe 4). L'extrémité encéphalique est contiguë au bord dorsal du métencéphale, et encore très proche de l'ectoderme (lame 8, coupe 1 - lame 38). Il se compose d'un épithélium pavimenteux simple sauf près de son extrémité vésiculaire. Quelques capillaires bordent le sac endolymphatique. Le point d'aboutissement du canal endolymphatique sur la paroi interne de la vésicule (lame 18, coupe 6) est presque au milieu de celle-ci, quoique légèrement plus près du bord caudal.

L'ébauche des canaux supérieurs s'est développée mais on ne peut encore discerner un canal supérieur et un canal postérieur. L'ébauche du canal externe se distingue parfaitement (lames 16 à 21). On peut déjà parler d'une esquisse de canal cochléaire,



Fig. 6. - **Embryon J5** (8,8 mm).
Reconstruction plastique, selon la
méthode de Born, de la vésicule
auditive gauche ($\times 130$).

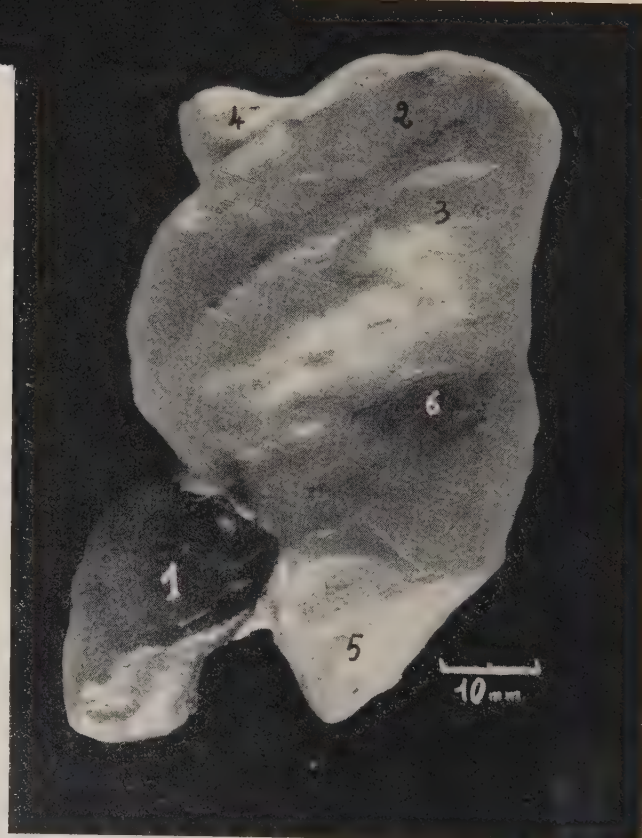
Vue de la face externe

1. Origine du ganglion stato-acoustique
2. Apparition du sillon isolant le futur canal endolymphatique.

Fig. 7. - **Embryon J14** (12,5 mm)
Reconstruction plastique, selon la
méthode de Born, de la vésicule
auditive gauche ($\times 46$).

Vue de la face externe

1. Complexe acoustico-facial
2. Ebauche des canaux supérieurs
3. Ebauche du canal externe
4. Canal endolymphatique
5. Ebauche du canal cochléaire
6. Ebauche du cul-de-sac de Reichert.



légèrement oblique en avant. Au-dessous de l'ébauche du canal latéral; sur la paroi externe, un léger sillon isole la portion cochléo-sacculaire du reste de la vésicule. Plus bas, un relief correspond à l'ébauche du cul-de-sac de Reichert. Bien au-dessous de l'aboutissement du canal endolymphatique, vis-à-vis de l'ébauche du cul-de-sac cochléaire, un profond sillon creuse la paroi interne isolant la poche sacculaire du futur limaçon membraneux. Le ganglion stato-acoustique émet des fibres gagnant le métencéphale en même temps que celles du facial (lames 29 - 30). On peut distinguer un ganglion de Corti qui suit le canal cochléaire mais ne va pas jusqu'à son extrémité.

4) **EMBRYON 4** (référence de collection J 6)

Longueur directe vertex-coccyx : 24,2 mm.

Longueur circonférentielle dorsale vertex-coccyx : 37 mm.

Longueur circonférentielle dorsale bout du nez - bout de la queue : 52 mm.

Age approximatif : 6 semaines.

Cet embryon a été débité en coupes séries transversales ; une lame sur dix a été colorée. Les oreilles internes sont visibles sur les lames 31 à 61. La vésicule auditive a considérablement évolué. Les canaux semi-circulaires achèvent leur formation. De section à peine ovale, ils ont un diamètre d'une centaine de microns. Ils sont constitués d'un épithélium pavimenteux ou cylindrique, simple ou double. Des cellules mésenchymateuses orientées en rangs concentriques les entourent. A ce stade, la capsule otique est devenue une entité anatomique. C'est encore une masse mésenchymateuse dense, mais des modifications cellulaires dans la zone latérale nous permettent de parler de pré-cartilage. Les ampoules, la branche commune des canaux supérieurs sont morphologiquement constituées, mais l'histogenèse ne se traduit que par des épaisissements des parois où aboutissent les fibres nerveuses. On peut reconnaître les nerfs ampullaires postérieur et horizontal gauches (lame 51). Il est aisé de suivre le canal endolymphatique, sensiblement parallèle à la branche commune des canaux supérieurs. On reconnaît une portion canaliculaire intracapsulaire et une portion élargie, sacculaire, séparée de l'ébauche cranienne, par un lit de capillaires et enveloppée de mésenchyme méningé

(lames 26 - 31). La longueur moyenne de la capsule otique est de l'ordre du millimètre pour une épaisseur de 700 microns environ. Les coupes ne permettent pas de calculer avec précision la hauteur du labyrinthe. Nous l'estimons à un millimètre environ.

Le ganglion de Scarpà occupe la face antéro-interne de la vésicule (lames 23 à 29). L'épithélium du canal endolymphatique d'une partie de la paroi supéro-interne est pavimenteux. Le cochléaire devient quadrangulaire (lame 25) ; il s'agit peut-être là d'un artefact. Dans cette zone, la paroi interne est épaissie. La paroi antérieure en rapport avec le ganglion de Corti, reste assez mince. En quelques points les cellules mésenchymateuses s'orientent parallèlement aux parois de la vésicule, en une ou deux rangées, qui évoquent une ébauche précartilagineuse.

A ce stade sont esquissées toutes les parties de l'oreille interne, mais l'histogénèse n'a pas encore réellement commencé. Les terminaisons nerveuses viennent au contact des aires sensorielles.

5) **EMBRYON 5** (référence de collection J 7)

Longueur directe vertex-coccyx : 26,2 mm.

Longueur circonférentielle dorsale vertex-coccyx : 42 mm.

Longueur circonférentielle dorsale bout du nez - bout de la queue : 64 mm.

Age approximatif : 6 à 7 semaines.

Cet embryon a été débité en coupes séries transversales, légèrement inclinées dorso-ventralement, avec une obliquité latérale d'une dizaine de degrés de droite à gauche.

La croissance de l'oreille interne est encore rapide. Les dimensions moyennes de la capsule otique sont de l'ordre de deux millimètres pour une épaisseur variant entre 0,8 et 1,4 millimètres. Elle paraît être constituée d'une partie cochléaire et d'une partie vestibulaire, réunies par de minces parois précartilagineuses, interne et externe. Deux larges ouvertures sont ainsi ménagées, l'une rostromésiale livre passage aux fibres du nerf stato-acoustique avec ses ganglions, l'autre caudale, très large, correspond aux ébauches de fenêtré ronde et d'aqueduc du limaçon (lame 98). La fenêtré ovale n'est pas distincte, mais on remarque l'ébauche

de l'étrier que perce l'artère stapédienne (lame 98, coupe 3). Dans sa plus grande partie, la capsule otique est cartilagineuse.

Le mésenchyme qui enveloppe le labyrinthe membraneux est encore très dense. On reconnaît les différentes parties membraneuses de l'oreille interne, bien qu'elles soient incomplètement développées. Les lames 81 à 86 permettent de se représenter le mode de formation du saccule et du canal cochléaire. Ce dernier est encore formé d'un épithélium pluristratifié, son diamètre est de 200 microns environ. Le limaçon membraneux décrit environ un tour de spire. Sa section est très grossièrement triangulaire avec des parois mésiale et caudale plus épaisses. L'épithélium sensoriel cochléaire n'est pas réellement différencié, au contraire de celui de l'utricule et du saccule, où l'on devine déjà une cuticule. L'identification des crêtes statiques est facile, en raison de leur morphologie. On ne remarque pas d'ébauche de cupule. Les canaux semi-circulaires, de quelques dizaines de microns de diamètre, se composent d'un épithélium pavimenteux simple. Ils sont noyés dans une masse mésenchymateuse où circulent quelques capillaires sanguins, surtout au niveau de la branche commune des canaux supérieurs. La flèche du canal horizontal mesure 800 microns environ. Les canaux débouchent dans le vestibule membraneux, poche au relief mouvementé ayant un millimètre dans sa plus grande dimension.

6) **FOETUS 6** (référence de collection J 8)

Longueur directe vertex-coccyx : 48 mm.

Longueur circonférentielle dorsale vertex-coccyx : 64 mm.

Longueur circonférentielle dorsale bout du nez - bout de la queue : 93 mm.

Age approximatif : 8 semaines.

Ce fœtus a été débité en coupes sériées transversales avec une inclinaison latérale de gauche à droite de cinq degrés environ. Le plan de coupe est sensiblement celui du canal horizontal (fig. 3, planche 2).

La capsule otique, proche encore de l'ectoderme, mesure 2,4 millimètres de haut, sur deux millimètres de long pour une épaisseur moyenne de 1 millimètre. Elle est entièrement cartilagineuse,

mais sa paroi latérale vestibulaire est très mince et l'ouverture caudale toujours largement échancrée (lame 881). La continuité du cartilage s'interrompt en isolant un noyau cartilagineux autour du canal postérieur. Dans l'intervalle ménagé (lames 931 et 941) des capillaires sanguins (hématies véritables) se glissent au sein d'un tissu d'aspect très légèrement fibreux. Autour d'eux apparaît une zone de tissu plus clair orienté concentriquement. Ce sont là des manifestations préliminaires de l'ossification.

Le labyrinthe membraneux est un peu plus différencié qu'au stade précédent. Le diamètre des canaux semi-circulaires est toujours assez faible : quelques dizaines de microns au sein d'une masse mésenchymateuse de 400 microns de diamètre.

Les aires sensorielles de l'appareil vestibulaire périphérique sont bien différenciées. Les crêtes portent une cupule et l'on distingue des formations évoquant les cils. Une membrane anhiste recouvre les macules sacculaire et utriculaire. Utricule et saccule communiquent encore largement. On distingue déjà (lame 901) un cul-de-sac de Reichert mais le canal de réunion de Hensen est un large goulot. Le canal cochléaire dessine presque deux tours de spire, le ganglion de Corti qui l'accompagne contre sa paroi interne, mérite son nom de ganglion spiral. Des ébauches précartilagineuses (mésenchyme très dense) amorcent une séparation entre les différents tours de spire. Une membrane anhiste, recouvre l'épithélium sensoriel. Ce dernier est très clair par rapport au reste du canal cochléaire. Des intervalles semblent être créés entre les cellules pour esquisser les divers sillons et tunnels du limaçon définitif.

7) **FOETUS 7** (référence de collection J 11)

Longueur directe vertex-coccyx : 64 mm.

Longueur circonférentielle dorsale vertex-coccyx : 70 mm.

Longueur circonférentielle dorsale bout du nez - bout de la queue : 110 mm.

Age approximatif : 9 semaines.

Cet embryon a été débité en coupes séries transversales, obliques de gauche à droite, et de haut en bas, et très inclinées ventro-caudalement. Une lame sur dix est colorée.

La capsule otique, entièrement cartilagineuse, mesure environ 4 millimètres de long, 3 millimètres de haut, et 2 millimètres d'épaisseur. Si l'on ne peut encore parler de points osseux, comme au stade suivant, le processus d'ossification a déjà profondément modifié le cartilage en regard de la branche commune des canaux supérieurs (lame 141). L'étrier obture la fenêtre ovale, des ponts mésenchymateux le réunissent à la capsule (lame 141). La fenêtre ronde est encore une ouverture béante. Un diverticule arachnoïdien, enveloppé de dure mère s'évagine contre le bord dorsal de la capsule, c'est l'ébauche de l'aqueduc du limaçon (lame 161).

Le labyrinthe membraneux poursuit son évolution. Utricule et saccule communiquent encore assez largement en région caudale. Le canal endolymphatique débouche plus près de la branche commune des canaux supérieurs. La réunion du cul-de-sac de Reichert avec le bord caudal du saccule peut être suivie sur les coupes de la lame 161. Le canal cochléaire décrit deux tours hélicoïdaux. L'histogenèse gagne le deuxième tour de spire. Le ligament spiral est reconnaissable dans le tour basal ; c'est du mésenchyme qui ne subit pas l'involution donnant les espaces périlymphatiques. Celle-ci a commencé entre le saccule et l'étrier et dans le tour basal du limaçon. Une légère concentration cellulaire en avant du ganglion spiral évoque l'ébauche de membrane basilaire ou de lame spirale cartilagineuse.

8) FOETUS 8 (référence de collection J 12)

Longueur directe vertex-coccyx : 88 mm.

Longueur circonférentielle dorsale vertex-coccyx : 110 mm.

Longueur circonférentielle dorsale bout du nez - bout de la queue : 145 mm.

Age approximatif : dix semaines.

C'est l'embryon le plus âgé que l'on ait pu débiter en coupes sérieées, sans technique spéciale, malgré l'ossification partielle des os craniens. Notre étude embryologique s'arrête à ce stade de la morphogenèse. Les dissections que nous avons tentées sur de plus grands foetus furent décevantes.

Ce sujet a été débité en coupes séries transversales légèrement obliques dorso-ventralement, de la tête à la queue, et inclinées de quelques degrés de gauche à droite, rostro-caudalement. Deux coupes sur vingt sont colorées au glychemalun érythrosine. L'oreille gauche est intéressée par le plan de coupe des lames 141 à 481, l'oreille droite des lames 131 à 451.

Les dimensions moyennes de la capsule otique sont les suivantes : hauteur 3 mm, épaisseur 2 mm. L'obliquité dorso-ventrale rend difficile l'estimation de la longueur. Ainsi, elle approche 7 mm sur la coupe 291, qui intéresse le bord dorsal du tour basal du limaçon membraneux, le saccule, l'ampoule et une partie du canal postérieurs. La capsule otique ne forme qu'une pièce ménageant les ouvertures nécessaires et l'on se plaît à retrouver chaque partie du labyrinthe osseux. Ainsi nous observons la fenêtre ovale, obturée par l'étrier dont le muscle occupe une logette qu'embrasse le canal semi-circulaire externe. La fenêtre ronde n'est pas encore bien délimitée. Elle s'ouvre caudalement sur une vaste zone mésenchymateuse assez dense qui sépare la capsule otique cochléaire de l'ébauche occipitale. Dans cet intervalle passe un important vaisseau sanguin, accompagné du nerf glosso-pharyngien qui échange une anastomose avec le nerf facial (anse de Haller ; lames 331 et 341). La région ventrale de la fenêtre ronde est mal séparée de l'aqueduc du limaçon, goulot de communication entre le mésenchyme cochléaire très aréolé et les espaces arachnoïdiens. Un bouchon criblé un peu plus dense sépare ces deux régions. Des vaisseaux cheminent le long de ce passage, dans une enveloppe dure-mérienne. Ils drainent le limaçon (lames 361 - 391). Le conduit auditif interne présente ses divisions caractéristiques. On identifie aisément l'aqueduc de Fallope, l'ébauche de la région columellaire, le foramen singulare de Morgagni (lame 311). Les aires criblées sont représentées par une légère densification mésenchymateuse. Le conduit auditif interne loge les peu volumineux ganglions de Scarpa. Dans la capsule auditive droite on note (lame 11), l'apparition d'un point d'ossification équidistant des canaux supérieur, postérieur et de leur branche commune. Autour de trois faisceaux vasculaires des cellules osseuses sont groupées en cercles concentriques. Ce point correspond chez l'adulte à la région de plus grande dureté du rocher, celle qui résiste le plus longtemps aux agents décalcifiants.

Le labyrinthe membraneux est bien différencié. Seules les larges communications utriculo-sacculaire et sacculo-cochléaire, ainsi qu'une histogenèse incomplète dénotent le caractère encore primitif de l'oreille interne. Les canaux supérieurs sont revêtus d'une mince capsule cartilagineuse, en certains points 500 à 600 microns séparent les centres nerveux du canal supérieur. Les canaux membraneux d'un diamètre moyen de 200 microns sont enfermés dans un canal cartilagineux de 600 microns de diamètre, abondamment garnie de mésenchyme. Leur épithélium est du type pavimenteux simple. Des capillaires circulent le long de leur petit rayon de courbure. Nous estimons que la corde des canaux est de l'ordre de 1.500 microns. Ils sont terminés par des ampoules déjà bien différenciées (lames 201, 221, 251, 291, etc...). Les dimensions moyennes d'une ampoule sont de l'ordre du demi-millimètre. Les crêtes statiques occupent une partie de leur lumière, une cupule les recouvre ; il est difficile d'identifier des cellules ciliées avec certitude. Il en est de même au niveau des macules utriculaire et sacculaire. Nous n'avons pas pu mettre en évidence une papilla neglecta. La région utriculaire a une longueur de 1.700 microns sur 900 microns de large. Le saccule est de moindre importance: 500 microns sur 200. Le canal cochléaire n'a qu'un faible diamètre, de deux cents microns environ. Le canal endolymphatique à sa forme définitive, à savoir filum terminale, sac endolymphatique et canal proprement dit. Il n'est pas encore intéressé à son embouchure vestibulaire par la résorption inter utriculo sacculaire, mais un léger repli évoque la « valvule de Bast » (lame 271). Des capillaires l'accompagnent tout au long de son trajet, mais ils sont rares. Par contre une très riche vascularisation crânienne entoure le sac endolymphatique. On remarque notamment un gros vaisseau qui s'échappe du crâne avec le nerf glosso pharyngien.

Les espaces périlymphatiques sont ébauchés au niveau du saccule et de la cochlée où le mésenchyme devient réticulé. De nombreux capillaires circulent dans ce tissu lâche. Des densifications cellulaires ébauche la lame spirale cartilagineuse (au niveau du canal cochléaire) et le bourrelet spiral (sans strie vasculaire). Des saillants de la capsule otique isolent incomplètement les différents tours de spire. Rien ne permet de situer la future columelle.

Le canal cochléaire qui compte deux tours de spire, n'est pas encore bien différencié du point de vue histologique. On reconnaît pourtant, au niveau du ganglion spiral, un épaississement de l'épithélium, surmonté d'une cuticule. Au niveau du tour basal l'apparition d'un intervalle entre certaines cellules de cet épithélium, évoque la proche formation du tunnel de Corti.

Anatomiquement les diverses parties du labyrinthe sont en place. L'histogenèse va devenir prépondérante.

9) RÉCAPITULATION

A la troisième semaine de vie embryonnaire la vésicule auditive est plaquée contre le rhombencéphale. Il ne subsiste pas de trace de l'évagination. Les cellules du ganglion se différencient.

A quatre semaines le canal endolymphatique est nettement individualisé et l'on reconnaît l'ébauche des canaux semi-circulaires supérieurs.

A cinq semaines on peut discerner les esquisses des diverses parties du labyrinthe membraneux. On reconnaît une portion cochléaire et une portion vestibulaire au ganglion stato-acoustique.

A six semaines, la capsule otique précartilagineuse est en place. Les canaux semi-circulaires sont morphologiquement constitués et les nerfs ampullaires s'achèvent auprès de placodes ampullaires.

Entre la sixième et la septième semaine, on localise les fenêtres et le conduit auditif interne. Le canal cochléaire décrit un tour de spire. Les aires sensorielles sont reconnaissables, une cuticule couvre les macules.

A la huitième semaine, des modifications cellulaires annoncent les prémices de l'ossification dans la région supérieure de la capsule otique. Le canal cochléaire dessine deux tours de spire, accompagné du ganglion spiral, l'histogenèse a largement débuté dans le limaçon membraneux. Les crêtes statiques portent leurs cupules.

A neuf semaines chaque partie de l'oreille interne est identifiable à l'état d'ébauche ou de formation quasi définitive. L'aqueduc du limaçon est en voie de développement. L'histogenèse cochléaire gagne le deuxième tour de spire. L'apparition du tissu périlymphatique isole le ligament spiral.

A la dixième semaine apparaît l'ossification. Le limaçon membraneux a terminé son enroulement. La communication utriculo-sacculaire est encore directe et le ductus reuniens un assez large canal. La différenciation de l'organe de Corti est à peine ébauchée. Des condensations cellulaires annoncent les aires criblées.

La vascularisation est très riche autour de l'utricule et du canal cochléaire. Elle pénètre dans la capsule otique par le conduit auditif interne. Le drainage de l'aqueduc du limaçon est plus important que celui de l'aqueduc du vestibule. Bien que de nombreux capillaires bordent l'ébauche de fenêtré ronde, aucun n'irrigue la capsule otique.

La columelle est encore inexistante, mais un prolongement interne de la capsule otique tend à séparer chaque tour de spire. La croissance paraît se ralentir à partir de la septième semaine. Nous n'avons qu'une ébauche de valvule utriculo-endolymphatique aux deux derniers stades. Elle naît de la coalescence de deux parois. Nous n'observons aucune ébauche de papilla neglecta.

Il est évident qu'une étude embryologique portant sur huit sujets ne rend pas compte de l'ontogenèse de l'oreille interne. Elle permet cependant de constater une grande analogie avec le développement embryonnaire de cet organe, longuement analysé chez d'autres Mammifères.

TROISIÈME PARTIE

ÉTUDE ANATOMIQUE ET HISTOLOGIQUE

Nous savons que l'oreille interne constitue la partie fondamentale de l'appareil stato-acoustique. Elle comprend un labyrinthe membraneux, de configuration complexe, enfermé dans un ensemble de cavités anfractueuses qui en répète la disposition : c'est le labyrinthe osseux creusé dans la portion pétreuse du temporal de part et d'autre du métencéphale. Les cavités du labyrinthe membraneux sont emplies d'un liquide : l'endolymphe. Une nappe de périlymphe le sépare des parois osseuses.

Nous envisagerons successivement le labyrinthe osseux, le labyrinthe membraneux et nous rapporterons quelques faits sur les liquides, l'innervation et la vascularisation de l'oreille interne.

CHAPITRE PREMIER

LE LABYRINTHE OSSEUX

Le terme de cavité de l'oreille interne conviendrait mieux que celui de labyrinthe osseux, quand on l'applique aux Equidés adultes. Il n'évoquerait pas une individualité anatomique pouvant être mise en évidence par le scalpel. Si la dissection est possible chez les Oiseaux, quelques Mammifères inférieurs ou de très jeunes sujets, dans lesquels une couche de tissu spongieux isole la capsule labyrinthique de l'os environnant [TURKEWITSCH (171, p. 505)], elle demande un artifice technique dans tous les autres cas.

Le labyrinthe osseux, plus vaste que le labyrinthe membraneux dont le séparent les espaces périlymphatiques, est entièrement revêtu d'un feuillet d'endoste. On lui reconnaît trois portions : au centre le **vestibule**, au-dessus et légèrement en arrière les **canaux semi-circulaires**, en-dessous et en avant le **limaçon ou cochlée**. Deux petites cavités canaliculaires le complètent : l'**aqueduc du vestibule** et l'**aqueduc du limaçon**. Elles mettent la capsule labyrinthique en relation avec la surface médiale du rocher, tout comme le fait le large **conduit auditif interne**.

Le labyrinthe osseux dans son ensemble est orienté obliquement de haut en bas, d'arrière en avant, et légèrement incliné vers l'intérieur. Il mesure de 12 à 19 mm de la boucle du canal supérieur à la paroi ventrale du tour basal de la cochlée. Son encombrement latéral est de l'ordre du centimètre et l'intervalle séparant les tangentes frontales antérieure et postérieure voisin de 15 mm.

I. — VESTIBULE OSSEUX

Avant d'examiner le vestibule convenons de son orientation. En général les auteurs, considérant avec logique le rocher dans ses rapports craniens, choisissent comme plan horizontal celui de la tête osseuse reposant sur ses arcades dentaires et ses apophyses styloïdes. Pour étudier le rocher isolément, on pourrait adopter une position naturelle telle que le plan horizontal soit défini par celui des canaux externes. Cette orientation, dite **orthovestibulaire**, (DELATTRE, FENARD, SABAN...), redresse le temporal d'un angle variable selon l'espèce, et facilite les descriptions. Cependant nous pensons que le choix de cette position, dans un cas particulier, gênerait le lecteur passionné d'anatomie comparée. Aussi nous sacrifions la simplicité au classicisme.

Le vestibule peut être envisagé du point de vue des cavités ou du point de vue des parois, elles-mêmes considérées intérieurement et extérieurement. Nous ne nous sommes pas ralliés à cette optique car nous estimons que l'habileté de l'expérimentateur peut modifier l'aspect externe du labyrinthe.

Le vestibule est donc une cavité aplatie transversalement, réunissant le conduit auditif interne à l'oreille moyenne par le truchement des aires criblées et de la fenêtre ovale et dans laquelle débouchent la rampe vestibulaire du limaçon et les canaux semi-circulaires osseux. Cette cavité est un volume sans forme géomé-

Fig. 8 et 9. — Moulage au métal de Wood d'un labyrinthe osseux gauche (cheval adulte, taille moyenne) (vue antéro-externe et postéro-interne).

- | | |
|--|---|
| 1' et 1. Canal semi-circulaire supérieur et son ampoule | 8. Rampe vestibulaire |
| 2' et 2. Canal semi-circulaire postérieur et son ampoule | 9. Empreinte de la lame spirale principale |
| 3' et 3. Canal semi-circulaire externe et son ampoule | 10. Représentation de l'aqueduc du limaçon |
| 4. Branche commune des canaux postérieur et supérieur | 11. Représentation du nerf ampullaire postérieur |
| 5. Vestibule | 12. Position de la macule utriculaire |
| 6. Représentation de l'origine du canal endolymphatique | 13. Apex de la cochlée |
| 7. Rampe tympanique | 14. Fenêtre ronde |
| | 15. Représentation du nerf vestibulaire supérieur |
| | 16. Fenêtre ovale |
| | 17. Empreinte de la lame spirale secondaire. |



Fig. 8.

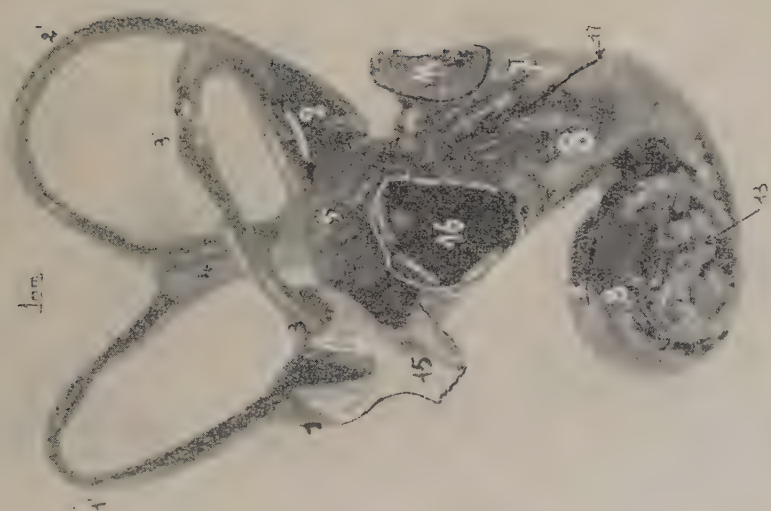


Fig. 9

trique précise. En effet les parois curvilignes qui le délimitent sont harmonieusement réunies par des surfaces généralement concaves. Nous lui reconnaitrons cependant, par commodité, la forme d'une pyramide tronquée dont la grande base est représentée par le plafond du vestibule et la petite par son plancher. On peut diviser cette pyramide, comme TURKEWITSCH (171, p. 510) en trois parties : une partie rostro-ventrale dans laquelle débouche la rampe vestibulaire, une partie dorso-latérale où s'ouvrent les ampoules des canaux semi-circulaires externe et supérieur, et une partie dorso-mésiale dans laquelle débouchent les autres ouvertures des canaux et celle de l'aqueduc du vestibule. L'axe, hauteur de la « pyramide vestibulaire », est incliné dorso-ventralement, latéro-médialement et caudo-rostralement. Nous allons décrire les faces, ou parois du vestibule, considérées de l'intérieur de celui-ci.

1) **PAROI DORSO-LATÉRALE** (ou paroi supérieure, ou plafond du vestibule) :

C'est une surface doublement convexe, dont le grand axe fait un angle ouvert antérieurement d'une trentaine de degrés avec le plan sagittal, et de quarante-cinq degrés environ avec le plan transversal. Elle n'est pratiquement pas individualisée car formée de la réunion des parois rostro-mésiale et latéro-caudale. A l'ex-

Fig. 10. — Labyrinthe osseux droit (Cheval). Face latérale fragmentaire. Vue interne.

- | | |
|---|--|
| A A' Trace du plan ampullaire latéral | 5. Rampe tympanique |
| H H' Trace du plan du canal latéral | 6. Aqueduc de Fallope et orifice du nerf grand pétreux |
| F F' Ligne joignant le milieu des fenêtres | 7. Cellules mastoïdiennes |
| Angle A' A F' Angle thyridien | 8. Cercle tympanal |
| Angle formé par HH' et AA' correspond à l'angle centro-ampullaire | 9. Recessus epitympanicus |
| 1. Fenêtre ovale | 10. Origine de la trompe d'Eustache |
| 2. Fenêtre ronde | 11. Orifice ampullaire supérieur |
| 3. Lame spirale secondaire | 12. Orifice ampullaire latéral |
| 4. Rampe vestibulaire | 13. Orifice ampullaire postérieur |
| | 14. Conduit auditif externe. |

Fig. 11. — Coupe transversale d'un rocher d'Ane (6 ans). Segment ventral, vue dorsale.

- | | |
|---|--|
| 1. Caisse tympanique | 7. Portion vestibulaire de la lame spirale |
| 2. Cercle tympanal | 8. Fente vestibulo-tympanique |
| 3. Ampoule postérieure | 9. Conduit auditif externe |
| 4. Trace du canal semi-circulaire latéral | 10. Columelle |
| 5. Foramen singulare de Morgagni | 11. Rampe tympanique |
| 6. Conduit auditif interne | 12. Rampe vestibulaire |



Fig. 10.

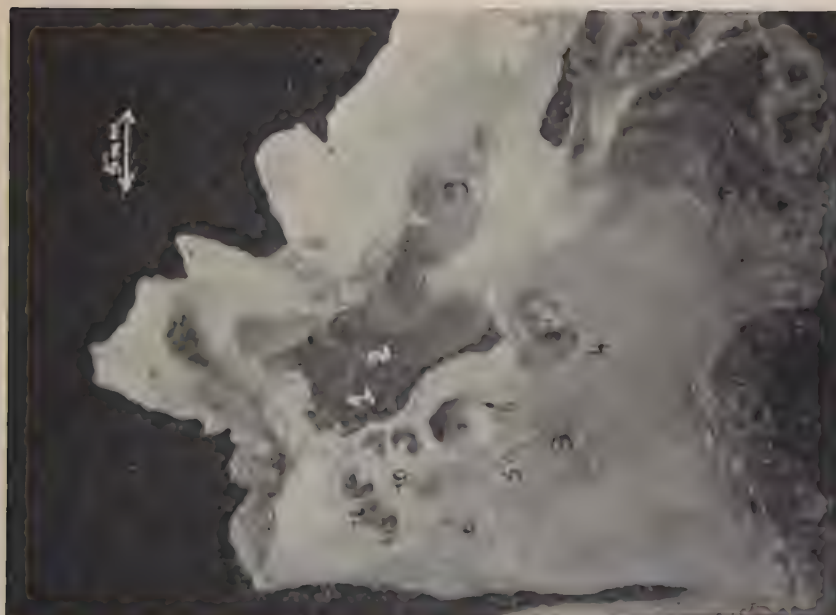


Fig. 11.

trémité rostrale de cette paroi s'ouvre l'orifice ampullaire supérieur elliptique qui empiète sur la paroi antérieure et sur l'ouverture ampullaire latérale. Son extrémité caudale reçoit la branche commune non ampullaire des canaux supérieurs, plus régulièrement circulaire et de moindre diamètre. Cette ouverture marque l'angle rostro-interne du vestibule. Les dimensions moyennes de la paroi dorso-latérale sont de l'ordre de 5 à 6,5 mm (axe longitudinal) sur 1,5 à 2,5 mm.

2) PAROI CAUDALE :

Cette paroi regarde vers l'arrière, le bas et l'intérieur. Elle est de faible superficie et sa double concavité évoque une calotte sphérique, interrompue latéralement par une partie de l'orifice ampullaire postérieur et à peine troublée médialement par l'arrivée de la branche commune des canaux supérieurs. Elle mesure environ deux millimètres de diamètre.

3) PAROI ROSTRALE (Planche I) :

Orientée vers le haut, l'avant et l'extérieur, elle porte une partie de l'aire criblée supérieure. Dorsalement, une crête l'isole du récessus ampullaire des canaux supérieur et externe. Un léger relief la sépare de la rampe vestibulaire. Latéralement et médialement, elle continue harmonieusement les parois interne et externe. Ses dimensions sont difficiles à apprécier. On peut assimiler cette paroi à un trapèze renversé dont le grand côté aurait 2,5 mm et le petit côté 2 mm pour une hauteur de 2,5 mm.

4) PAROI VENTRALE (plancher du vestibule, apex vestibulaire) :

C'est à peine une paroi. Elle comprend le large orifice vestibulaire du limaçon (2 à 3 mm de diamètre) et le seul élément cons-

Fig. 12. — Coupe sagittale d'un labyrinthe osseux droit (Ane adulte). Segment latéral (vue interne).

- | | |
|--|---|
| 1. Platine de l'étrier | 8. lame spirale |
| 2. aire criblée supérieure | 9. fente vestibulo-tympanique |
| 3. aqueduc de Fallope | 10. crible spiroïde de la columelle |
| 4. aire criblée postérieure (nerf ampullaire postérieur) | 11. orifices ampullaires latéral et supérieur |
| 5. départ de l'aqueduc du limaçon | 12. récessus ampullaire postérieur |
| 6. rampe tympanique | 13. orifice vestibulaire du limaçon |
| 7. rampe vestibulaire | 14. section du canal 1/2 circulaire supérieur |
| | 15. section du canal 1/2 circulaire postérieur. |

Fig. 13. — Moulage fragmentaire des rampes d'un limaçon gauche (Ane de 6 mois). (Vue supéro-interne). (L'hélicotréma est masqué).

- | | |
|------------------------|---------------------|
| 1. Cavité vestibulaire | 3. rampe tympanique |
| 2. rampe vestibulaire | |

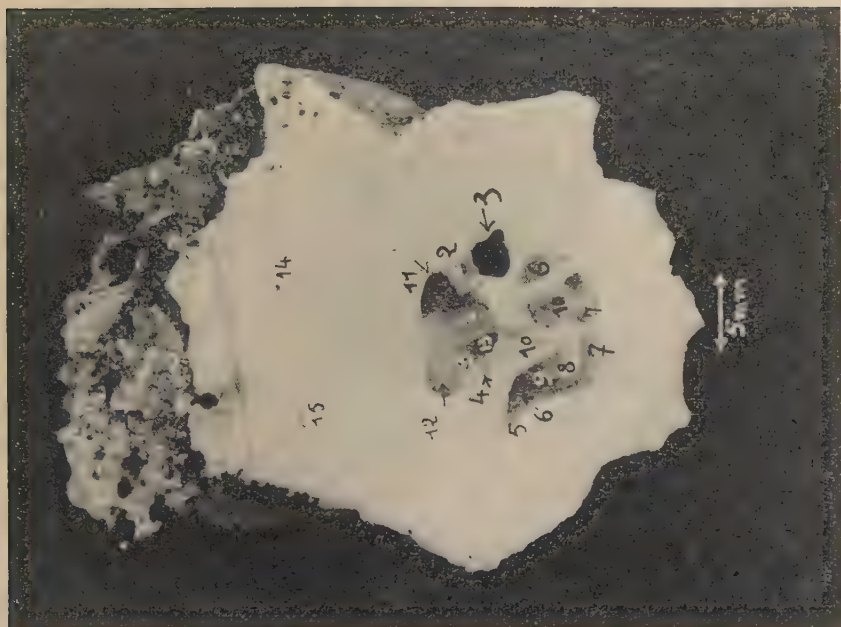


Fig. 12.



Fig. 13.

titutif du plancher vestibulaire, une double lame inclinée où l'on reconnaît une lame spirale principale et une lame spirale secondaire.

La lame spirale principale naît à la base du dièdre formé par la base de la paroi interne et la crête transverse bordant caudalement la gouttière sulciforme. Cette crête l'isole de la paroi postérieure et du récessus ampullaire postérieur (branche commune ampullaire de TURKEWITSCH). Cette mince lame osseuse forme avec la paroi postérieure un angle obtus ouvert vers l'avant et le haut car elle est très inclinée et annonce l'enroulement limacéen par sa convexité longitudinale et une légère concavité transversale. Un brusque changement d'inclinaison qui la fait devenir verticale indique le début de la portion cochléaire de la lame spirale.

Sur la paroi latérale, en regard de la lame spirale, on trouve la lame spirale secondaire. Elle naît à la partie postérieure de la paroi externe, au-dessous et en avant de l'orifice ampullaire du canal semi-circulaire postérieur, presque au pied de la crête transversale. Elle semble prolonger le bord supérieur de la fenêtre ronde. (Notons que ce bord rond, vu latéralement, épouse la courbe du promontoire et s'enroule en spirale vers l'intérieur. Or la lame spirale secondaire répond à la partie dorso-caudale du promontoire). Cette lame spirale secondaire, de très faible dimension, suit le mouvement de la lame spirale principale. Dirigées en bas, en avant et en dehors, les lames pénètrent dans la cochlée avec un enroulement dextre à droite et senestre à gauche. La lame spirale secondaire ne disparaît pas complètement car au long du limaçon subsiste une petite saillie osseuse, apparemment née du diamètre légèrement inférieur de la rampe tympanique qui empêche la coaptation parfaite des parois externes des deux rampes. Ce mince relief s'atténue dans le dernier tour de spire.

Entre ces deux lames existe une étroite fente vestibulo-tympanique, normalement obturée par la membrane basilaire et les formations qui y reposent. Le rayon de courbure très faible à la naissance de cet interstice vestibulaire va en s'agrandissant en direction du limaçon. De même croît la largeur de cet intervalle, à son origine elle est inférieure au demi-millimètre.

5) **PAROI ANTÉRO-LATÉRALE** (paroi externe) :

De forme générale triangulaire, elle présente une partie dorsale qui reçoit les orifices du canal externe et une partie ventrale où s'ouvre la large fenêtre ovale, normalement fermée par la plaque de l'étrier. La portion dorsale mesure 3 mm de long sur 1,5 mm de hauteur. Ses extrémités sont bornées par l'orifice ampullaire du canal semi-circulaire externe et son orifice non ampullaire débouchant dans le récessus ampullaire postérieur. Sa surface, légèrement concave dans les deux sens, se réunit au plafond du vestibule par une douce concavité. Elle se poursuit ventralement par la région de la fenêtre ovale, sauf dans la partie caudale où une brusque convexité la sépare de la rampe vestibulaire.

La fenêtre ovale, légèrement plus grande que la fenêtre ronde, mesure entre 3 et 4 mm de haut, pour une largeur de 2 à 3 mm. Son bord postérieur est rectiligne, son bord antérieur légèrement renflé en son milieu ou au tiers supérieur. Le grand axe de la fenêtre fait un angle supérieur à 60° avec la trace du plan du canal horizontal (plan vestibulaire). Il est difficile d'estimer la mobilisation de la partie antérieure de la fenêtre, définie par SABAN (155, p. 87), ne sachant pas quel repère doit être pris en considération. Un très mince relief (1 ou 2/10° de millimètre) entoure la fenêtre ovale.

6) **PAROI ANTÉRO-MÉSIALE** (paroi interne) :

La paroi interne répondant au hiatus auditif interne est traversée par les fibres périphériques du nerf stato-acoustique. Les pertuis livrant passage aux filets nerveux sont groupés en taches ou aires criblées (**maculae cribrosae**). Deux surfaces concaves isolées par des crêtes plus ou moins saillantes (très apparentes chez l'âne adulte) constituent cette paroi.

La surface supérieure analogue à la fossette semi-ovoïde de l'homme (**recessus ellipticus**), est longue, étroite, et peu profonde (5 à 6 mm longitudinalement pour une hauteur de 1 à 1,5 mm). Elle se confond dorsalement avec le plafond du vestibule ; la crête du vestibule la limite ventralement. Elle se poursuit caudalement avec la paroi interne de la **crus commune**. Rostralement, une arête la sépare de la cavité ampullaire supérieure.

La surface sous-jacente correspond à la fusion de la fossette hémisphérique et de la fossette cochléaire de l'anatomie humaine (**recessus sphericus**). De superficie plus étendue, elle est aussi plus profonde du fait d'une double concavité assez prononcée. Elle est limitée dorsalement par la crête vestibulaire. Caudalement la crête transverse la sépare de la paroi postérieure et du récessus ampullaire postérieur. Elle épouse harmonieusement la courbure de la paroi antérieure. Son bord ventral, fortement convexe, presque en arête, l'isole de la rampe vestibulaire. Elle se termine près de l'orifice proximal de l'aqueduc du vestibule, par la gouttière sulciforme que bordent les crêtes transverse et vestibulaire. Ses dimensions sont d'environ 4,5 mm sur 2,5 à 3 mm. La crête du vestibule est un relief le plus souvent mousse, mais parfois très saillant, qui court longitudinalement sur la paroi médiale. Né au bord supérieur de l'orifice interne de l'aqueduc du vestibule, il se dirige en avant bordant la gouttière sulciforme et séparant les fossettes elliptique et sphérique, pour venir mourir sur la tache criblée antérieure (utriculo-ampullaire) qui fait saillie dans le vestibule et peut être comparée à la pyramide du vestibule de l'homme.

La crête transverse est la bordure ventrale de la gouttière sulciforme qui, d'abord parallèle à la crête du vestibule, oblique soudainement vers l'extérieur, séparant la fossette sphérique puis la lame spirale principale de la région ampullaire postérieure. Elle s'achève soit par une petite saillie, soit par une zone criblée, correspondant au passage du nerf ampullaire postérieur, dont elle recouvre une partie du trajet. Sur certaines pièces, elle continue sur la paroi opposée et va se terminer au pied de la lamelle osseu-

Fig. 14. — Coupe sagittale d'un labyrinthe osseux gauche (Cheval). Segment interne. (Vue externe).

- | | |
|--|--|
| 1. Aqueduc de Fallope | 9. Crus commune |
| 2. Aire criblée supérieure (utriculo-ampullaire) | 10. Aqueduc du vestibule (portion terminale) |
| 3. Fossette sphérique, et son aire criblée moyenne (sacculaire) | 11. Orifice vestibulaire du limaçon |
| 4. Conduit ampullaire postérieur (partiellement ouvert pour montrer le crible) | 12. Lame spirale |
| 5. Rampe tympanique | 13. Orifice du canal 1/2 circulaire supérieur |
| 6. Rampe vestibulaire | 14. Orifice du canal 1/2 circulaire postérieur |
| 7. Orifice cochléaire de l'aqueduc du limaçon | 15. Crête vestibulaire |
| 8. Gouttière sulciforme avec l'orifice de l'aqueduc du vestibule | 16. Crête transverse |
| | 17. Apex du limaçon |
| | 18. Cloison spirale |

Fig. 15. — Coupe sagittale d'un labyrinthe osseux gauche (Ane adulte). Segment mésial (vue externe).



Fig. 14



Fig. 15

se séparant l'orifice non ampullaire du canal externe de l'ampoule osseuse postérieure. En ce cas l'aire criblée se trouve sur le versant caudal de la crête.

Les aires criblées sont au nombre de trois. L'aire criblée antéro-supérieure (**macula cribrosa superior**) livre passage aux fibres du nerf vestibulaire supérieur. C'est une surface d'aspect spongieux, très souvent bifacée. Dans ce cas la face caudale, la plus basse, dessert l'utricule, alors que la face latérale, sus-jacente, est traversée par les nerfs ampullaires supérieur et externe. Chez l'âne quelquefois, la tache criblée se subdivise : la portion utriculaire étroite chevauche l'extrémité antérieure de la crête du vestibule; la partie ampullaire se situe plus dorsalement et latéralement. La macula cribrosa superior mesure en moyenne 1,5 mm à 2 mm de long pour une largeur inférieure au millimètre. La tache criblée moyenne (**macula cribrosa media**) repose dans le quart inféro-postérieur de la fossette hémisphérique. Le nerf sacculaire la traverse par les quelques pertuis, peu nombreux, qui la composent. Ils débouchent tangentiellement à la paroi.

La tache criblée postérieure assure le passage du nerf ampullaire postérieur. Elle se situe soit sur la crête transverse, soit sur son versant caudal, d'où elle déborde dans le récessus ampullaire postérieur. Le crible est parfois recouvert d'une fine lamelle osseuse en bec de flûte.

Un sillon réunit la tache criblée postérieure à l'origine de la lame spirale principale. Dans le cas déjà cité où la crête transverse est très importante, ce sillon est remplacé par quelques pertuis mettant l'origine du canal cochléaire en relation avec le conduit du nerf ampullaire. Nous croyons voir ici la preuve de l'existence d'une anastomose vestibulo-cochléaire du type OORT.

Les dimensions du vestibule des Equidés varient avec les auteurs, qui ne prennent pas des mesures identiques. Des coupes de rocher nous permettent de donner les résultats suivants :

- intervalle séparant les parois antérieure et postérieure : 5 à 8 mm
- intervalle séparant le plafond du vestibule de l'entrée de la rampe vestibulaire : 3 à 5 mm
- intervalle séparant la paroi mésiale de la paroi latérale : 2,5 à 4,5 mm.

7) AQUEDUC DU VESTIBULE :

C'est un canal de longueur variable qui met le vestibule en communication avec la cavité cérébelleuse. Il est occupé par le diverticule endolymphatique, par les veinules qui l'accompagnent, et dans sa portion élargie par une évagination dure-mérienne abondamment irriguée.

C'est un conduit très aplati latéralement évoquant un entonnoir écrasé. Le tube de l'entonnoir est un bref canal de 0,5 mm de diamètre qui traverse la paroi du labyrinthe osseux et s'ouvre dans la paroi médiale par un orifice en bec de flûte rostralement et ventralement situé par rapport à celui de la branche commune des canaux semi-circulaires supérieurs. Cette ouverture se prolonge par la gouttière sulciforme.

Le cornet de l'entonnoir fait suite au petit canal et va gagner peu à peu la surface crânienne du rocher. Une coupe frontale nous montre que sa section est triangulaire avec une large base verticale et une très faible hauteur. Une coupe transversale révèle que son tracé n'est pas régulièrement oblique vers l'arrière et l'intérieur, mais qu'il se rapproche d'une sigmoïde très étirée. Après un trajet de 5 à 9 mm chez l'âne et de 7 à 12 mm chez le cheval, il débouche à la face médiale du rocher à quelques millimètres de la synarthrose temporo-occipitale et à 8 à 16 mm du conduit auditif interne. Son ouverture en forme de croissant ouvert caudalement est parfois surmontée d'un fort relief longitudinal. La hauteur de l'ouverture varie entre 3,5 et 6 mm et l'intervalle séparant les lèvres de cet orifice est réduit à 1 ou 2 mm. Des empreintes vasculaires marquent le bord inférieur de cet orifice. L'aqueduc du vestibule est toujours plus long que la branche commune des canaux supérieurs, qu'il croise d'avant en arrière et de haut en bas.

II. — CANAUX SEMI-CIRCULAIRES OSSEUX

Les canaux semi-circulaires sont au nombre de trois, distingués en latéral ou externe, ou horizontal, en supérieur ou antérieur, et en postérieur quelquefois nommé inférieur. Chacun d'eux possède une extrémité renflée en ampoule, et une extrémité non ampullaire. Les canaux postérieur et supérieur se réunissent peu avant leur terminaison pour former une branche commune, ils ont donc un orifice non ampullaire commun. TURKEWITSCH nomme branche commune ampullaire la fossette formée de l'orifice non ampullaire du canal externe et de l'ampoule du canal postérieur. Cette dénomination n'est pas imméritée du moins chez le Cheval, où l'on a un véritable récessus. Sans être vraiment sigmoïde comme chez certains oiseaux [HADZISELIMOVIC et SAVKOVIC (111)], un canal semi-circulaire d'Equidé ne repose pas dans un seul plan. Une légère torsion entraîne ses extrémités dans des directions opposées. Le phénomène s'observe fréquemment au niveau de la boucle du canal postérieur et de l'ampoule du canal supérieur.

Les dimensions des canaux varient avec l'espèce et l'individu. Le canal supérieur est toujours le plus long des trois canaux, l'externe le plus petit. Pour l'âne nous trouvons les longueurs suivantes : canal supérieur 19 à 25 mm, canal postérieur 16,5 à 23,5 mm, canal horizontal 14 à 18,5 mm. Pour le cheval nous aurons dans le même ordre les chiffres suivants : 24 à 26 mm, 22 à 24 mm, 16,5 à 19 mm. On peut aussi caractériser chaque canal par la flèche et la corde maxima de son arc :

- canal supérieur : 7 à 10 mm de flèche et de corde
- canal postérieur : 6 à 9 mm de flèche, 5 à 9 mm de corde
- canal externe : 5 à 7 mm de flèche, 5 à 6 mm de corde.

Le diamètre des canaux varie de 0,8 à 1,5 mm. La branche commune mesure de 5 à 9 mm pour un diamètre de 1,5 à 2,5 mm. Les ampoules des canaux sont des renflements de 2 à 3 mm de long de 2 mm de diamètre,

III. — COCHLÉE OU LIMAÇON OSSEUX

C'est un tube enroulé en spirale, autour d'un axe osseux conique, la columelle, dont la base est tournée vers le hiatus auditif interne tandis que le sommet dirigé en avant et en dehors, répond à la partie moyenne de la paroi interne de la caisse tympanique.

Le conduit limacéen décrit deux tours un quart de spire chez le cheval, quelquefois deux et demi chez l'âne, dans le sens des aiguilles d'une montre, de la base à l'apex pour l'oreille droite (enroulement dextre des zoologistes). Il est inverse pour l'oreille gauche.

Le tube cochléaire est incomplètement divisé par la lame spirale principale, en deux rampes, l'une supéro-antérieure ou vestibulaire, l'autre postéro-inférieure ou tympanique. La lame spirale principale s'insère sur la columelle à laquelle elle doit être rattachée (cf. embryologie). Sur le squelette, ces deux rampes communiquent au niveau du bord libre de la lame spirale, mais nous avons déjà appris que sur le vivant, seul l'hélicotrema du sommet du limaçon, les met en communication. La rampe tympanique prend origine en regard de la fenêtre ronde, de même que l'aqueduc du limaçon qui la réunit à la cavité crânienne. L'ensemble est enfermé dans la solide capsule otique dont nous avons déjà étudié la formation. Il est impossible de la séparer de l'os environnant, mais chez de jeunes sujets, elle recouvre l'apex d'une lamelle assez mince pour permettre son repérage.

Les dimensions moyennes du limaçon, prises sur les moulages, sont : hauteur de la spirale 3,5 à 6,5 mm, diamètre transversal du tour basal (6 à 9 mm), diamètre longitudinal (9 à 11 mm), hauteur des deux rampes à l'origine 5 mm, pour un diamètre de 2,5 à 3 mm qui diminue très rapidement pour être de l'ordre de deux millimètres, puis inférieur à 1 mm. La longueur du limaçon prise au niveau du ligament spiral, en avant de la fenêtre ronde, varie entre 35 et 49 mm.

1) COLUMELLE (DE BRESCHET) :

C'est une masse d'os poreux, soutenant les fibres du nerf cochléaire qui la traverse de part en part. Le développement embryonnaire montre qu'il s'agit d'un tissu de remplissage fermant le hile vasculo-nerveux de la capsule otique cochléaire. La columelle s'est donc modelée sur la forme du limaçon et autour du nerf cochléaire, ce qui explique son aspect de lame enroulée sur elle-même pour former un cône. Sa base, qui ferme une partie du hiatus auditif interne révèle cet enroulement : c'est le crible spiroïde du limaçon (**tractus spiralis foraminosus**). Cette masse criblée est composée de très nombreux canalicules, orientés dans le sens de l'axe du limaçon. Ces canaux ont un trajet à peu près équivalent de l'ordre du millimètre, du fait de la spiralisation du crible spiroïde. Ils aboutissent dans le canal spiral de Rosenthal, logé à la base de la lame spirale principale. Les plus centraux y débouchent près du sommet de la columelle.

2) CLOISON SPIRALE DE BELLOCQ :

C'est la lame qui sépare chaque tour de spire du tube cochléaire. Elle est d'origine double, car formée d'une expansion de la capsule otique en direction de la columelle et d'une expansion similaire de la cochlée. Elle monte en spirale jusqu'au dernier tour de spire, où il vient se confondre avec la lame des contours. Son inclinaison par rapport à l'axe de la columelle lui donne un aspect infundibuliforme à son extrémité du fait de la réduction du diamètre des spires. Notons aussi que cette cloison est presque parallèle à l'axe columellaire, dans le premier quart du tour basal par suite du volume du tube cochléaire à ce niveau, elle contribue alors à la formation de la lame des contours. La cloison spirale se réunit au centre avec la lame spirale principale formant la paroi médiane des rampes. A la périphérie elle se confond avec la lame des contours.

3) LAME DES CONTOURS :

On désigne sous ce nom la paroi périphérique du limaçon. Il semble qu'au début du premier tour de spire elle participe à la formation de la cloison spirale et même de l'aire criblée cochléaire. Nous pensons que ces divisions ont certes un intérêt didactique.

que, mais qu'elles devraient être abandonnées pour ne garder que la capsule otique et la columelle avec leurs différentes expansions. A quel moment la lame des contours devient-elle cloison spirale, et quand celle-ci, à son tour paroi centrale s'incurve-t-elle pour donner naissance à la lame spirale ? Elles forment la paroi d'un cylindre assez régulier qu'il est difficile de diviser en secteurs.

4) LAME SPIRALE :

C'est une expansion de la columelle séparant le tube cochléaire en rampe vestibulaire et rampe tympanique. Elle naît sur la paroi interne du vestibule au sommet de la columelle, ménageant ainsi l'orifice de l'hélicotréma. A l'exception de sa portion vestibulaire qui est perpendiculaire à son plan moyen, elle s'enroule en spirale et sa largeur diminue de 2 à 0,4 mm. L'interstice qu'elle ménage entre la lame spirale secondaire, puis le ligament spiral s'élargit en contrepartie malgré le rétrécissement du tube cochléaire.

Examinée en coupe, elle semble naître de l'accrolement de deux minces lames osseuses prolongeant les parois centrales des rampes limacéennes. Dans l'intervalle, et adossé à la columelle, chemine le canal spiral de Rosenthal d'où partent de fins canalicules à direction rayonnante que l'on voit déboucher sur le bord périphérique de la lame spirale. Elle apparaît comme l'extrémité distale de l'aire criblée spiroïde, venue au contact de l'organe sensoriel.

L'**hélicotréma** est l'orifice de communication des rampes vestibulaire et tympanique. Le diamètre de cette ouverture est de l'ordre de 0,75 mm. Parfois ovalaire, il mesure alors 1 mm sur 0,25 à 0,50 mm de large. Il est bordé par une expansion en faucille (**hamulus**) de la lame spirale osseuse que prolonge encore la lame spirale membraneuse, adossée à la paroi périphérique. La pointe du rostre s'achève contre la paroi borgne de l'apex. La paroi interne de l'hélicotréma est constituée par la columelle.

5) RAMPES DU LIMAÇON :

Nous avons déjà distingué une rampe vestibulaire et une rampe tympanique. Ces rampes sont de grosseur inégale dans leur majeure partie. La rampe vestibulaire est tout d'abord la plus petite car la rampe tympanique, au-dessous de la portion vestibulaire de la lame spirale principale, est largement dilatée. A partir du

premier tour de spire, le diamètre des rampes s'égalise, et au delà la rampe vestibulaire a une taille légèrement supérieure, sauf dans quelques cas chez l'Ane. Cette inégalité produit une légère saillie, sur la ligne d'union des parois périphériques qui semble prolonger la lame spirale secondaire.

La rampe vestibulaire communique avec le vestibule par l'orifice vestibulaire, nettement délimité par un changement de direction de 90° des lames spirales, et par le léger relief le séparant des parois antéro-internes.

La rampe tympanique s'ouvre dans la caisse tympanique par la fenêtre ronde. Celle-ci est plus petite que la fenêtre ovale chez le cheval, et le plus souvent de forme régulière. Chez l'âne elle est quelquefois plus large que la fenêtre ovale, mais moins haute. Le diamètre moyen de l'ouverture varie entre 1,5 et 3 millimètres. Son bord est spiralé et semble prolonger latéralement l'arête supéro-postérieure du promontoire et esquisser, médialement, la courbure de la lame spirale secondaire. L'axe de cette fenêtre est oblique de l'extérieur vers l'intérieur, d'avant en arrière, et légèrement de haut en bas. Il diffère de celui de la fenêtre ovale qui est plutôt oblique d'arrière en avant. La membrane du tympan secondaire a la forme d'un arum, car elle s'enchasse sur une brève saillie du bord de la fenêtre ronde (trois dixièmes de millimètres), et sur un hile né de la spiralisation.

La rampe tympanique communique avec la paroi médiale du rocher par l'aqueduc du limaçon.

6) AQUEDUC DU LIMAÇON :

Sa direction est sensiblement perpendiculaire à celle de l'aqueduc du vestibule. L'aqueduc du limaçon se dirige obliquement de haut en bas, légèrement d'avant en arrière, et de l'extérieur vers l'intérieur. Son ouverture cochléaire, évasée, se situe en arrière de la fenêtre ronde. Un canal étroit aplati (1 mm de hauteur) lui fait suite. Après un trajet de 8 à 12 mm, il débouche sur la face interne du rocher par une fente discrète, longue de deux à trois millimètres, que dissimule un mince repli osseux. Cette ouverture crânienne est plus importante dans l'espèce asine. L'aqueduc du limaçon draine les espaces périlymphatiques et contient un riche système veineux. On lui reconnaît de nouveau un rôle fonctionnel important (YOUNG), il servirait de « vase d'expansion », pour le liquide périlymphatique.

IV. — CONDUIT AUDITIF INTERNE

Nous rattachons son étude à celle du labyrinthe osseux, car il conduit les fibres nerveuses et les vaisseaux destinés à l'oreille interne. De plus le hiatus auditif interne qui constitue le fond du conduit n'est que la paroi médiale du vestibule. Enfin nous pensons que la forme de son ouverture crânienne, ou méat auditif interne, est un bon caractère différentiel entre l'Ane et le Cheval. Il a l'avantage sur celui que reconnaît M. PETIT [TAGAND et BARONE (166, p. 81)] de n'utiliser que la portion pétreuse du temporal, puisqu'il devient inutile de comparer les longueurs du conduit auditif externe et de la tubérosité mastoïdienne.

Le méat auditif interne du Cheval affecte une forme triangulaire avec un sommet dorso-caudal. La base, curviligne, est représentée par l'importante saillie du tour basal limacéen dans le conduit auditif interne. Sa largeur, variant entre 6 et 8 mm, est supérieure ou égale à la hauteur, qui varie entre 5 et 6 mm. Chez l'Ane, le méat auditif interne a une forme ovale ou rectangulaire, avec une échancrure dans l'angle postéro-supérieur. La hauteur (5 à 7 mm) est supérieure à la largeur (4 à 5 mm). Le relief créé par le tour basal du limaçon est plus discret et se fond avec le bord rostral du méat.

Le conduit auditif interne, peu profond dans l'espèce asine (5 à 6 mm), plus important dans l'espèce équine (6 à 8 mm), a une section qui rappelle celle du méat auditif interne. Ainsi, chez le Cheval, un fort relief soulève la paroi rostrale du conduit : c'est bien entendu la saillie du tour basal du limaçon. En conséquence, une partie de la columelle participe à la formation de cette paroi. Les autres parois du conduit ne présentent que peu d'intérêt. On y relève parfois la présence de stries vasculaires.

Le **hiatus auditif interne** livre passage aux fibres nerveuses et aux branches de l'artère auditive interne par les aires criblées. C'est une fossette ellipsoïde ou triangulaire dont le fond est divisé par une importante crête horizontale et une ou deux crêtes verticales selon l'espèce.

Chez l'Ane il existe deux crêtes disposées en croix. La portion antérieure de la crête horizontale, répond en quelque sorte à la lame spirale principale et au début de la rampe vestibulaire. Elle s'efface dans la paroi interne. La partie postérieure de cette crête correspond au prolongement antérieur de la crête vestibulaire interne. Une région supérieure et une région inférieure sont ainsi délimitées. Une crête verticale qui prolonge la muraille antérieure du vestibule isole deux pertuis. L'un rostral, orifice régulièrement cylindrique de deux millimètres de diamètre, n'est autre que l'orifice endocranien du nerf facial, ou aqueduc de Fallope. L'autre pertuis, supéro-postérieur, présente un aspect cribliforme, et infundibuliforme : c'est l'**aire criblée supérieure** ou utriculo-ampullaire, que traversent les fibres du nerf vestibulaire supérieur. Les orifices (entre 60 et 80) sont répartis sur la face inférieure et dans le fond de l'infundibulum. Cette disposition correspond à la double orientation de la pyramide vestibulaire. La dimension de la fossette est de l'ordre de 2 à 3 mm.

La région inférieure n'est pas aussi nettement subdivisée, mais on peut y reconnaître trois types d'orifices. Dans l'angle inféro-postérieur s'ouvre un petit canal dont le diamètre est inférieur au millimètre. C'est le **foramen singulare de Morgagni**, qui conduit le nerf ampullaire postérieur en regard de l'aire criblée postérieure. La fossette cribliforme postérieure, au-dessous de la **fossette vestibulaire**, correspond à l'**aire criblée moyenne ou sacculaire**, elle se continue inférieurement par le début de l'**aire criblée spiroïde**. Une légère crête verticale la sépare de la fin du premier tour de cette même aire criblée. Cette continuité peut laisser libre cours à toutes les anastomoses cochléo-sacculaires. L'aire criblée spiroïde (**tractus foraminosus spiralis**) occupe la zone antéro-inférieure et empiète légèrement sur la paroi rostrale du conduit. Elle est formée par la base de la columelle et s'enroule dans le sens des aiguilles d'une montre pour le rocher droit, inversement pour le gauche. Une légère arête, prolongeant la crête verticale inférieure isole les tours de spire. On ne peut pas distinguer une disposition en rangées des orifices du crible. Le tractus spiralis foraminosus ne paraît pas décrire deux tours de spire. Il mesure de 3,5 à 5 mm de diamètre. On peut y dénombrer une centaine d'orifices principaux.



Fig. 15. — Coupe sagittale d'un crâne de cheval, partie gauche, vue interne

1. portion pétreuse de l'os temporal
2. crête cérébro-cérébelleuse
3. méat auditif interne
4. orifice cérébelleux de l'aqueduc du vestibule
5. flèche indiquant l'orifice mésial de l'aqueduc du limaçon.

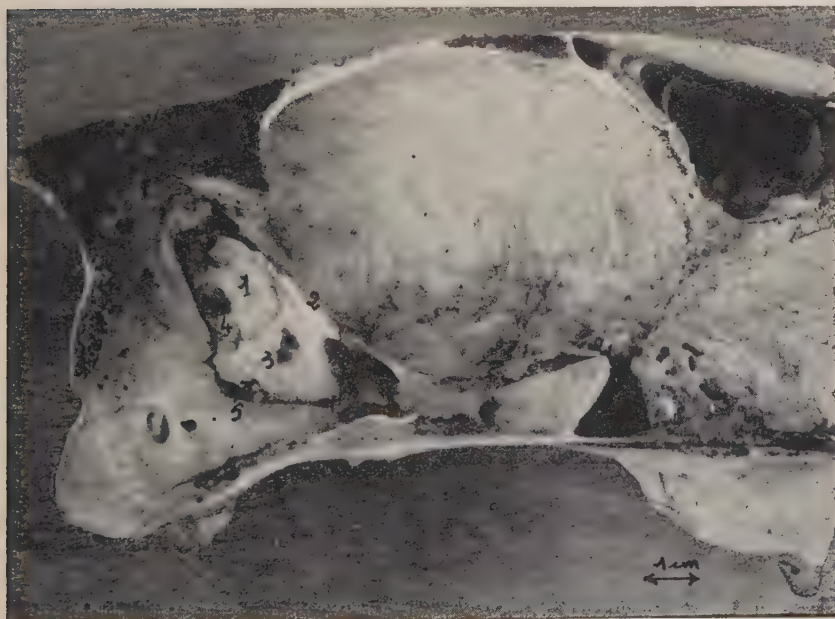


Fig. 16. Coupe sagittale d'un crâne d'âne, moitié gauche, vue interne ; même légende.

Chez le Cheval, la disposition est analogue. Cependant l'important relief du tour basal du limaçon fait en sorte que l'orifice crânien de l'aqueduc de Fallope se trouve être le plus antérieur. De même, la fossette sacculaire, plus petite et plus individualisée, comme le **foramen singulare de Morgagni** sont rejetés très postérieurement. Le tractus spiralis foraminosus est orienté dans un plan presque frontal, à l'exception des premiers orifices à peine séparés des pertuis du crible sacculaire. Le cône du crible spiroïde paraît plus profond et le dernier orifice évoque le **scyphus columellaire** de Vieussens, parfois décrit chez l'homme. Dans l'ensemble le hiatus auditif interne du Cheval est profondément situé et d'un relief très tourmenté.

La disposition générale du conduit auditif interne permet au premier coup d'œil de distinguer un rocher de cheval d'un rocher d'âne.

Les mesures faites selon la méthode de M. PETIT ont corroboré nos résultats.

V. — ORIENTATION DU LABYRINTHE OSSEUX

Le lecteur a pu s'étonner que nous n'abordions pas l'étude des angles des canaux semi-circulaires, ou celle de l'inclinaison de la cochlée. Nous réservons cette importante question pour la réunir à celle de l'orientation générale du labyrinthe qui présente un intérêt certain en craniologie (GIRARD, DELATTRE, FENART, ANTHONY, SABAN...).

Ces auteurs ont tout d'abord montré que le plan du canal externe est horizontal lorsque l'animal se tient dans une attitude naturelle. Cette position est dite quelquefois orthovestibulaire. Dans l'espèce asine, ce plan fait un angle de 55° avec l'axe longitudinal moyen de la tête, il est plus réduit chez le Cheval où il varie entre 45 et 50° . L'angle formé par l'axe moyen de la tête et l'horizontale, dans l'attitude fondamentale, est de la même valeur.

En se référant au plan horizontal défini par les canaux externes, on peut comparer les crânes de diverses espèces animales en mesurant la valeur d'angles conventionnellement choisis qui permettent une classification phylogénique.

Il nous faut définir deux autres plans : un plan sagittal qui est celui de la tête et un plan frontal. Avec PEREZ nous adopterons un plan perpendiculaire aux précédents dont la trace coïncide avec l'axe joignant les centres des deux canaux semi-circulaires externes (axe vestibien de Perez).

Nous avons cependant constaté comme SABAN (155, p. 86) que les plans des deux canaux externes ne sont pas toujours parallèles et qu'ils forment alors un dièdre ouvert vers le haut, phénomène particulièrement net chez les Equidés.

C'est pourquoi il est préférable d'adopter pour plan horizontal un plan perpendiculaire au plan sagittal et passant par la portion ampullaire du canal semi-circulaire externe, considérée comme la seule portion fixe autour de laquelle s'effectue la rotation du rocher.

Cette rotation phylogénique s'exprime de plusieurs façons. On mesure notamment l'angle thyridien, que forme la direction de la portion ampullaire externe avec une droite passant par le milieu des fenêtres ronde et ovale. Cet angle a une valeur moyenne de 22 à 23° chez les Ongulés. Nos mesures nous fournissent le chiffre moyen de 21°. Si l'on considère pour plan horizontal le plan défini par les deux orifices vestibulaires, cet angle thyridien n'a qu'une valeur de 16°, ce qui prouve une rotation de 5°, effectuée par l'extrémité postérieure du canal, qui entraîne le rocher. Cette valeur au degré près est égale à celle de l'angle centro-ampullaire postérieur de Beauvieux, angle que fait une droite joignant le centre des ampoules externe et postérieure avec le plan horizontal.

On peut encore estimer la rotation du rocher par l'angle cochéaire, angle de l'axe de la columelle avec le plan horizontal. L'estimation de cet angle est très délicate : sur nos radiographies l'angle est approximativement de 50°, pour l'Ane un peu inférieur pour le Cheval. Ces valeurs sont équivalentes à celles trouvées par TURKEWITSCH. BEAUVIEUX a montré que le plan ampullaire est

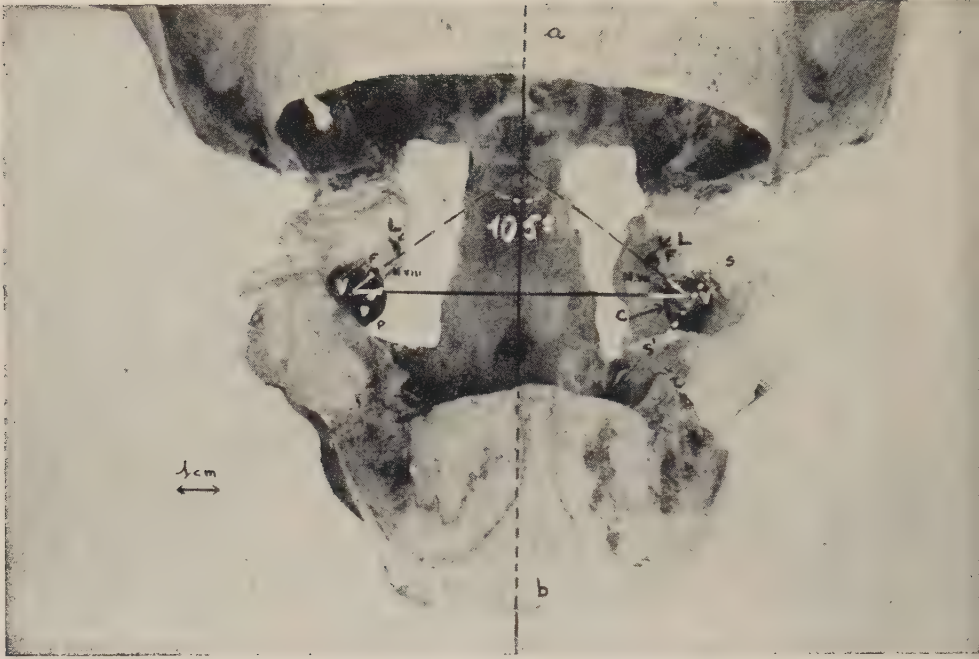


Fig. 17. — Valeur de l'angle bipétreux de Delattre, chez le cheval

- a b trace du plan sagittal sur le basi-occipital
- v v' axe vestibien de Perez
- ss' direction du canal supérieur
- N. VIII et F position du complexe acoustico-facial
- L extrémité du limaçon
- P canal postérieur
- C crus commune (branche commune aux canaux supérieur et postérieur)
- e canal externe



Fig. 18. — Valeur de l'angle formé par le plan sagittal et l'axe pétreux de Perez chez l'Ane (mêmes légendes).

sensiblement perpendiculaire au plan du **foramen magnum**. Cet angle, mesuré chez l'Ane, a une valeur de 84° . Si l'on considère l'angle formé avec le plan ampullaire antérieur (plan orthovestibulaire) on se rapproche de la valeur idéale puisque l'on obtient 89° . Enfin on peut mesurer l'angle que fait une perpendiculaire au plan du canal supérieur avec le plan sagittal. C'est l'angle pétreux de DELATTRE. La somme de deux angles pétreux opposés doit varier de cent à cent cinq degrés. Elle est de 105° chez le cheval et de 108° chez l'âne.

Nous avons cherché à mesurer la valeur des dièdres formés par les plans moyens des différents canaux. Ils sont appréciés au niveau de l'origine de la crus commune, et des ampoules postérieure et externe, à leur point d'union avec l'ampoule supérieure et la branche commune.

Le canal supérieur et le canal horizontal font un angle moyen de 86° chez l'âne et de 70° chez le cheval. Il faut remarquer que l'axe de l'ampoule supérieure est encore plus incliné que le plan du canal supérieur. Chez l'Ane les plans des autres canaux forment entre eux des angles proches de 90° , mais toujours légèrement inférieurs. Chez le Cheval ils sont le plus souvent égaux, voire inférieurs à 80° .

On voit que nous sommes loin de la position orthogonale idéale qu'imagina FLOURENS, comme nous sommes éloignés de l'angle de 45° formé par le plan des canaux supérieurs et postérieurs avec le plan sagittal. Il faut remarquer pourtant que les canaux semi-circulaires occupent des plans sensiblement parallèles deux à deux.

Signalons enfin que l'axe du limaçon fait avec le plan sagittal un angle moyen de 40° , ouvert vers le bas, et un angle de 35° ouvert vers l'avant.

VI. — RAPPORTS DU LABYRINTHE OSSEUX

1) RAPPORTS AVEC L'OREILLE MOYENNE :

Le labyrinthe osseux correspond à l'oreille moyenne par ses trois parties : canaux semi-circulaires, limaçon et vestibule.

Le canal semi-circulaire latéral décrit une boucle au-dessus de la deuxième partie de l'aqueduc de Fallope. La moitié antérieure du canal enserre la logette du muscle de l'étrier. Il n'y a pas de saillie du canal semi-circulaire dans la caisse tympanique. Il correspond au *recessus epitympanicus*, qui loge l'articulation incudo-malléenne.

Le promontoire fait également saillie dans l'oreille moyenne. Il est formé par la partie basale du limaçon, qui se prolonge sous sa paroi antérieure.

Il faut remarquer que le conduit auditif externe des Equidés serait une mauvaise voie d'accès à l'oreille interne. L'inclinaison de la membrane tympanique sur l'axe du conduit, la situation haute du labyrinthe par rapport au cadre tympanal et l'étroitesse relative du conduit par rapport à sa longueur ne permettent que l'examen de la partie ventrale du promontoire avec la ligne d'union de la bulle tympanique au rocher. Quelquefois, après avoir retiré le marteau on peut apercevoir le puits de la fenêtre ronde.

2) RAPPORTS AVEC LE NERF FACIAL :

Le nerf de la septième paire crânienne enserre étroitement les constituants de l'oreille interne. Après avoir croisé le nerf statocoustique d'arrière en avant et de bas en haut, il s'engage dans la première portion de l'aqueduc de Fallope, dans l'axe transverse du rocher. Il est alors placé antérieurement par rapport au vestibule, dorsalement par rapport au premier tour de spire du limaçon.

Après avoir émis le nerf grand pétreux superficiel, le nerf facial, accompagné des fibres de l'intermédiaire de Wrisberg, se glisse entre l'ampoule latérale et le bord antéro-dorsal de la fenêtre ovale, longeant ainsi la paroi latérale du vestibule, et ventralement la moitié antérieure du canal externe. En croisant le muscle de l'étrier, il s'en écarte de plus en plus.

3) RAPPORTS AVEC LA CAVITÉ CRANIENNE :

Par le conduit auditif interne et les aqueducs, l'oreille interne est en rapport direct avec la cavité cérébelleuse. Les parties les plus proches de la paroi osseuse sont l'aqueduc du vestibule qui la soulève et crée un fort relief, la **crus commune**, que l'on ne peut cependant situer avec exactitude et parfois la partie interne du tour basal du limaçon.

CHAPITRE II

LE LABYRINTHE MEMBRANEUX

Les cavités que nous venons de décrire, toutes revêtues d'une souple et résistante couche d'endoste, renferment un système de poches et de canaux membraneux intercommunicants : le **labyrinthe membraneux**. Nous reconnaitrons à ce dernier deux parties. Une partie supérieure, essentiellement proprioceptive, vouée aux fonctions de l'équilibration, constitue l'**appareil vestibulaire périphérique**, regroupant les canaux semi-circulaires membraneux, l'utricule et le saccule. L'autre, inférieure, extéroceptive, assure l'audition ; c'est le **limaçon membraneux** enroulé dans la cochlée, qui compose l'**appareil cochléaire**.

I. — APPAREIL VESTIBULAIRE PÉRIPHÉRIQUE

1) UTRICULE :

A) Conformation extérieure :

L'utricule occupe la partie dorsale ou dorso-externe du vestibule osseux. Il a la forme d'une vésicule allongée selon le grand axe du vestibule osseux, et assez étroite transversalement, à l'exception du renflement antéro-ventral qui porte l'épithélium sensoriel : la **macule utriculaire**. Ventralement il ne dépasse pas la crête du vestibule sauf dans la région maculaire, renflée en verre de montre, convexe vers le bas.

On peut distinguer ainsi une région antéro-inférieure, sensorielle, large et renflée et une région postéro-supérieure, sinusale, qui reçoit les canaux semi-circulaires et le canal endolymphatique. Sa longueur mesure 5 à 7 mm; sa largeur 3 à 4 mm antérieurement et 2 mm postérieurement, sa hauteur 2,5 à 3 mm au niveau de la macule et 1,5 à 2 mm dans la partie caudale.

Ses parois supérieure et latérale sont pigmentées de brun, coloration qui persiste longtemps, même dans les agents décalcifiants. Cette coloration s'étend à la face interne de la branche commune des canaux demi-circulaires supérieur et postérieur, qui n'est peut-être qu'un diverticule utriculaire (EYRIÈS, PERLÈS). La face interne de l'utricule répond à la fossette ovoïde sans y adhérer intimement. L'utricule, au contraire, se plaque souvent contre la partie supérieure et postérieure de la paroi latérale du vestibule au-dessus de la fenêtre ovale. La paroi supérieure longe le plafond du vestibule.

La paroi ventrale surplombe la cavité vestibulaire. La pigmentation fait défaut sur cette face de l'utricule, ou elle se réduit à quelques points disséminés. De même sont absents les fins trabécules conjonctifs qui unissent les autres parois à l'endioste. La partie la plus intéressante de l'utricule occupe la zone antérieure de cette paroi : c'est l'aire sensorielle ou macule utriculaire.

Cette région, différenciée, épaissie, translucide et grisâtre se sépare facilement à la dissection du reste de l'utricule. Les fibres nerveuses l'amarrent à la pyramide du vestibule. Elle se présente alors sous la forme d'une vasque ovale ou circulaire mesurant 2,5 à 3 mm longitudinalement et un demi-millimètre de moins ou de plus transversalement, à convexité ventrale de faible amplitude : quelques dixièmes de millimètre.

De nombreux vaisseaux sanguins circonscrivent la macule utriculaire ; une légère ceinture pigmentée les accompagne parfois. Une tache nacréee marque la région centrale de la face maculaire dorsale. Elle est de forme et de taille irrégulières. Sa dimension moyenne est de l'ordre de 1 mm à 1,5 mm, et on lui reconnaît le plus souvent une forme circulaire, parfois en triangle ou en croissant, avec les pointes ou sommet orientés caudalement. A la loupe binoculaire, l'aspect de cette tache est grenu. La coloration nacréee disparaît après un séjour d'une heure ou deux dans de l'eau formolée. En effet, il y a une dissolution de la poussière

calcaire de la membrane otolithique (otoconies) qui conférait sa teinte à cette tache, que nous devons considérer comme la trace de la membrane couvrant les cellules ciliées maculaires. Des filets nacrés teintent aussi la région ventrale. Il s'agit des fibres nerveuses distales du nerf utriculaire qui ont une disposition flabelliforme ou penniforme, les plus longues des fibres occupant le centre de l'éventail.

L'utricule communique avec les canaux semi-circulaires par cinq orifices ovales et reçoit la portion utriculaire du canal endolymphatique. On dénombre ainsi deux orifices antérieurs : les ouvertures des ampoules, des canaux semi-circulaires latéral et supérieur. On ne peut pas dire que l'utricule émette un diverticule en direction des canaux. La courbure antérieure des ampoules épouse celle de l'utricule et caudalement un léger sillon marque à peine la fin de la zone ampullaire. La répartition des pigments bruns déjà cités, indique plus clairement la frontière, encore arrive-t-il que cette coloration s'étende sur les canaux (mais toujours de façon discrète). Chez l'Ane, le mode de réunion de l'ampoule postérieure à l'utricule est analogue, seule la position caudo-latérale crée une différence. Chez le Cheval, on peut faire sienne l'assertion de Turkewitsch ou de Lesbre décrivant une branche commune au canal latéral (orifice non ampullaire) et à l'ampoule du canal postérieur. Cette branche que les auteurs décrivaient sur le vestibule osseux se reconnaît sur le labyrinthe membraneux. Un diverticule utriculaire se dirige perpendiculairement à l'axe longitudinal vestibulaire, à la rencontre de l'ampoule postérieure et du canal latéral. Un tel dispositif confère un aspect tout à fait particulier à la partie postérieure de l'utricule qui s'étire à la façon d'un trièdre, d'une part en direction de la macule et des ampoules antérieures, d'autre part dans la crus commune et enfin en direction de l'ampoule postérieure. L'éthymologie de l'utricule n'est plus justifiée ici.

La branche non ampullaire du canal externe s'abouche simplement sur le côté de l'utricule ou de son récessus, tout près de l'ampoule postérieure mais distinctement.

La branche commune aux canaux semi-circulaires supérieur et postérieur apparaît, répétons-le, comme un diverticule utriculaire ; aussi nous la décrirons avec l'utricule. Son diamètre (1 à 1,5 mm) est supérieur à celui que pourrait donner la coalescence des ca-

naux supérieur et postérieur qui d'ailleurs s'élargissent avant de s'unir. Leur réunion ne forme pas un dièdre aigu, mais un arrondi mousse. La pigmentation de la face concave (latérale) de la crus commune continue celle des parois supérieure et latérale de l'utricule, elle chevauche l'intervalle entre les deux canaux et délègue une petite pointe sur la face convexe (médiale). Ce canal n'est pas cylindrique, mais elliptique et aplati transversalement.

Sur la paroi postéro-interne de l'utricule débouche la fine branche utriculaire du canal endolymphatique. Sa mise en évidence au cours de la dissection est rendue difficile par sa position profonde et par la fragilité de la membrane utriculaire. On constate que cette branche du canal endolymphatique a un très bref trajet libre. De diamètre faible (quelques centaines de microns), non pigmentée, elle naît au-dessous de l'orifice utriculaire de la crus commune pour se diriger vers l'orifice vestibulaire de l'aqueduc du vestibule. Elle y pénètre après s'être réunie à son homologue sacculaire de dimensions plus importantes. On ne remarque pas de sinus endolymphatique au niveau de ce confluent.

B) Structure histologique :

Nous avons étudié des coupes histologiques de cinq macules utriculaires (blocs 1987, 1989, 1992, 1993). L'épithélium a beaucoup souffert de la violence des agents décalcifiants et deshydratants.

La macule offre le plus d'intérêt car le reste de l'utricule n'est formé que d'un épithélium pavimenteux simple qu'une trame conjonctive lâche réunit à l'endoste. Une fine membrane basilaire sépare ces deux couches. Cette structure se répète tout au long du labyrinthe, sauf au niveau des aires sensorielles où elle subit de profondes modifications. Notons, en ce qui concerne l'utricule les nombreux vaisseaux sanguins circulant dans le conjonctif et les cellules pigmentaires brunes (lames 6 - 7 - 8 du bloc 1989) formant un lit continu dans la paroi dorsale.

La macule offre à l'examen un conjonctif assez lâche qui la réunit à l'aire criblée. Il y circule des capillaires et des vaisseaux sanguins. Un conjonctif dense et épais (120 à 200 microns) lui fait suite. Il appartient en propre à la macule et lui confère son aspect grisâtre particulier. Ce conjonctif est très riche en fibres. On y

rencontre de fins capillaires accolés à la membrane basilaire. D'autres cheminent parallèlement au grand axe de la macule, avec des fibres nerveuses.

Au-dessus de la membrane basilaire, on rencontre l'épithélium sensoriel, pluristratifié (20 microns), que les bains successifs ont assez malmené. Nous ne saurions y distinguer des cellules de soutien et des cellules ciliées, car les cils sont clairsemés (blocs 1987, 1992, 1993) ou totalement détachés des cellules (bloc 1989). Les cils ou les amas de cils (bloc 1989) sont rangés parallèlement. Leurs extrémités se coudent presque à angle droit et dans le même sens (direction caudale), elles ne sont pas libres mais noyées dans une épaisse couche anhiste où l'on distingue pourtant des variations de coloration et de minuscules logettes ovoïdes qui contenaient les otoconies. Il s'agit en effet de la membrane otolithique.

Au-dessus, on rencontre la paroi dorsale avec son épithélium pavimenteux, une couche pigmentée et un mince tissu conjonctif vascularisé.

Il n'a pas été possible de discerner le mode de terminaison des fibres nerveuses au niveau des cellules ciliées.

2) CANAUX SEMI-CIRCULAIRES MEMBRANEUX :

A) Conformation extérieure :

La disposition des canaux semi-circulaires membraneux reproduit fidèlement celle des canaux osseux qui la moulent. Nous y retrouvons une extrémité renflée ou ampoule portant la crête épithéliale sensorielle. La portion tubaire des canaux semi-circulaires est un conduit membraneux de 250 à 500 microns de diamètre qui occupe le quart du canal osseux, auquel le réunissent quelques travées conjonctives. Les extrémités non ampullaires des canaux supérieur et postérieur s'unissent à l'utricule dans une branche commune déjà décrite. Les ampoules sont des renflements terminaux des canaux, qui se développent sur la petite courbure ; le bord périphérique du canal se continue avec celui de l'ampoule : seul le nerf ampullaire trouble cette régularité par son relief en croissant.

Nous n'avons pas su discerner de différence entre les ampoules externe et supérieure et l'ampoule postérieure, excepté dans

quelques cas, un diamètre légèrement inférieur de cette dernière, qui lui donne un aspect moins globuleux.

Les dimensions moyennes des ampoules oscillent entre 2 et 3 mm de hauteur pour un diamètre de 1,5 à 2 mm. La partie non sensorielle est parfois affaissée, mais il s'agit peut-être d'un artefact.

Les ampoules supérieure et externe font entre elles un angle voisin de 60°. Elles reçoivent sur leur face antérieure, comme l'ampoule postérieure sur sa face latéro-caudale, les fibres distales des nerfs ampullaires, faisceaux grêles (250 à 500 microns) qui s'épanouissent à mi-hauteur en un large croissant. Ce croissant, qui enserre une demi-circonférence ampullaire, dessine un bourrelet arrondi de 500 à 800 microns de hauteur. Un repli de la paroi ampullaire, fortement pigmenté de brun, marque d'un trait sombre la limite supérieure de la zone nerveuse. A l'intérieur de l'ampoule la crête statique répond au croissant nerveux. C'est un relief blanchâtre formant une arête aiguë, qui ne barre qu'une faible partie de la cavité ampullaire. Dans de bonnes conditions d'éclairage, on distingue une membrane transparente de très faible hauteur qui coiffe la crête statique, sans en augmenter beaucoup la taille. C'est peut-être une trace de la cupule.

B) Structure histologique :

Nous avons pratiqué de nombreuses coupes d'ampoules et de canaux semi-circulaires, mais bien peu nous révèlent une image satisfaisante (blocs 1989, 1990, 1991, 1992, 1993).

Nous ne reviendrons pas sur la structure des canaux semi-circulaires sinon pour signaler la présence de nombreuses trabécules conjonctives les unissant à la paroi osseuse. Un fort relief de conjonctif réticulé constitue la crête statique, à base plus ou moins étroite (0,5 à 1 mm) pour une hauteur de 500 à 800 microns, (un peu moins aux extrémités du croissant). Des fibres nerveuses occupent l'axe de la crête et gagnent la périphérie de proche en proche, où elles se distribuent dans les cellules ciliées. Celles-ci, avec l'épithélium pluristratifié qui les soutient, occupent la majeure partie de la crête basale, à l'exception d'une étroite bande basale de 50 à 100 microns où l'on trouve un épithélium simple. La membrane basale se distingue très bien sur les préparations endomagées qui ont perdu leur épithélium. Les cils paraissent rares sur

de nombreuses coupes, nous pensons qu'ils adhèrent à la cupule et disparaissent avec elle. Une constatation analogue peut être faite sur la macule utriculaire. En effet sur les lames 64 à 66 du bloc 1987, nous observons une ampoule coupée transversalement dont les cils nombreux rappellent ceux de la macule utriculaire par leur densité et une disposition parallèle et inclinée mais sans couture à angle droit. Les extrémités ciliaires viennent au contact d'une mince structure anhyste : la cupule ou ce qui en reste.

Sur aucune de nos préparations ou de nos dissections nous n'avons pu mesurer la dimension de la cupule et nous ignorons si celle-ci barre la totalité de la surface ampullaire, ou une faible partie.

Comme la morphologie extérieure des trois ampoules, leur structure histologique ne permet guère de les différencier, d'autant qu'une inclinaison différente du plan de coupe modifie profondément l'aspect des crêtes statiques.

Signalons la vascularisation des crêtes ampullaires, toujours importante dans les aires sensorielles.

C) Existence d'une papilla neglecta :

Sur quatre séries de coupes histologiques (bloc 1989 - lames 2 à 6, bloc 1991 - lames 48 à 51, bloc 1994 - lames 17, 18, 19, bloc 1998 - lame 20), nous avons constaté la présence d'une papilla neglecta. Seules les pièces des blocs 1989 et 1998 ont été incluses pour l'étude des ampoules et de leurs crêtes, aussi les coupes sont-elles significatives. Les blocs 1991, 1994, préparés en vue de l'examen du nerf stato-acoustique et du limaçon, ont été débités selon des plans qui ne mettent pas en valeur la **papilla neglecta**, mais qui ne permettent pas de douter de son existence. Nous avons alors cherché à mettre en évidence la **papilla neglecta**, par la dissection, et nous y sommes parvenus sur trois labyrinthes d'âne. Son observation est délicate car elle est masquée par le nerf ampulaire postérieur qui lui délègue quelques fibres. Cette petite aire sensorielle supplémentaire occupe la face postéro-latérale de l'utricule, contre le sillon limitant l'orifice utriculo-ampullaire, en regard du débouché de la branche commune, et immédiatement en arrière et au-dessous de l'orifice non ampullaire du canal latéral. La papilla neglecta est une très légère dépression ovale ou circulaire, entourée, comme la macule utriculaire, d'un

cercle de cellules pigmentées. Sur l'une de nos pièces un relief blanc nacré traçait un diamètre dans cette dépression. Il évoquait par sa morphologie une crête statique. Sur les autres on ne relevait qu'une zone blanche en regard de l'arrivée des fibres nerveuses sans distinguer de structure définie. L'ensemble mesure à peine un demi-millimètre de diamètre. Les fibres issues du nerf ampullaire postérieur ont un trajet libre très réduit.



Fig. 20. — Coupe histologique d'une ampoule postérieure, montrant la papilla neglecta :

1. papilla neglecta (dont l'épithélium est arraché de son substratum)
2. fibres nerveuses destinées à la papilla neglecta
3. crête statique postérieure
4. nerf ampullaire postérieur
5. cavité utriculaire
6. repli marquant la réunion de l'ampoule postérieure à l'utricule
7. cavité ampullaire.

Les structures observées sur nos préparations histologiques sont analogues à celles que décrit GACEK (96) chez le Chat. Nos coupes n'égale pas celles de cet auteur, elles sont mêmes très endommagées. On y reconnaît, cependant, sur la série 1989, à 1,75 mm en avant de la crête ampullaire supérieure, un épaissement épithélial comparable à celui des aires sensorielles, ainsi que les fibres nerveuses que lui délègue le nerf ampullaire postérieur. Cette ressemblance est peut-être plus nette sur les coupes de la

série 1994, où la **papilla neglecta** apparaît comme une petite crête statique pourvue de cils. Cette tache sensorielle mesure 3 à 500 microns de diamètre et s'élève d'une centaine de microns. Elle est formée d'un conjonctif épaissi et fibreux (150 microns) où l'on remarque des fibres nerveuses et des capillaires qui longent la membrane basilaire. Dans la série 1991 on note de nombreux capillaires dans la trame conjonctive périphérique. Cette dernière supporte un épithélium palissadique, pluristratifié, dont quelques éléments sont ciliés. Une mince structure anhyste couvre l'ensemble. Quelques auteurs affirment que l'existence d'une papilla neglecta va de pair avec la présence d'un **septum cruciatum** sur les crêtes ampullaires postérieure et supérieure. On n'observe pas un tel épaississement cruciforme, mais on remarque que les fibres du nerf ampullaire postérieur se répartissent en deux faisceaux qui se croisent avant d'innerver les deux moitiés de la crête ampullaire.

3) SACCULE :

A) Conformation extérieure :

Le saccule se situe au-dessous de l'utricule. Il épouse parfaitement la forme de la fossette hémisphérique dans laquelle il repose. Très aplati latéralement, concave dans son plan longitudinal comme dans son plan transversal, il ressemble à un mince copeau membraneux de 2,3 à 3,7 mm de long et 1,2 à 2 mm de large. On peut reconnaître deux parois à cette poche sacculaire aplatie : l'une latérale et l'autre médiale, réunies par des bords ; dorsal, ventral, caudal et rostral. Un tissu conjonctif épais réunit la paroi médiale à l'endioste vestibulaire de la fossette hémisphérique, et aux parois antérieure et postérieure qui la prolongent. Cette paroi, grisâtre, est suffisamment épaisse pour se décoller aisément de son support osseux. Sur la moitié ventrale de la paroi, en regard de l'aire criblée moyenne, on remarque une tache blanche, brillante, de forme oblongue, parfois subdivisée en deux ou trois parties. Elle correspond à la membrane otolithique et indique la présence de la macule sacculaire. L'orientation de la macule est celle de la paroi médiale, c'est-à-dire sensiblement verticale, donc approximativement perpendiculaire au plan de la macule utriculaire. Dans la partie caudale, comme dans la partie rostrale, la

fossette hémisphérique se réunit aux parois antérieures et postérieures, ce qui modifie un peu la disposition de la macule, qui de parasagittale tend à devenir légèrement transversale. On ne peut cependant lui reconnaître trois plans différents comparables à ceux que décrit CUMMINS (68) chez le Rat.

La paroi latérale n'est qu'un fragile voile membraneux, appliqué sur la paroi médiale. Il se rompt le plus souvent au cours des manipulations. Les bords naissent de l'accolement des deux parois. On distingue un bord dorsal et un bord ventral, rectilignes, réunis par les bords antérieur et postérieur doucement arrondis.

Le bord dorsal suit la crête du vestibule. Il répond par sa partie rostrale, à la paroi ventrale de l'utricule. Un mince pont conjonctif unit le saccule à la paroi interne de la région maculaire : des vaisseaux sanguins le franchissent. Dans la partie caudale du bord dorsal s'ouvre le diverticule sacculaire du canal endolymphatique. Cette branche, plus importante que son homologue utriculaire, se dirige obliquement vers l'arrière et le haut, elle occupe toute la gouttière sulciforme. Son diamètre diminue légèrement avant qu'elle ne pénètre dans l'aqueduc du vestibule. Auparavant, elle conflue avec la branche utriculaire. Le bord antérieur correspond à la réunion des parois latérale et antérieure du vestibule ; il s'appuie presque sur le léger relief dessiné par la partie inférieure du bord antérieur de la fenêtre ovale. Le bord ventral suit d'abord la crête limitant l'orifice vestibulaire du limaçon, puis il empiète légèrement sur l'origine de la portion vestibulaire de la lame spirale. Le bord postérieur est en général indistinct, car un pont conjonctif réunit à ce niveau le saccule à la strie vasculaire. A la limite du bord caudal et du bord ventral naît le grêle canal de réunion sacculo-cochléaire. On l'aperçoit très difficilement. Il rejoint le canal cochléaire par un trajet oblique vers l'arrière, le bas et l'extérieur. Il débouche légèrement au-dessous de l'origine de la fente vestibulo-tympanique, ménageant apparemment un très petit cul-de-sac de Reichert.

B) Structure histologique :

Nos observations portent sur cinq saccules de Cheval et d'Ane. On remarque une grande analogie de structure entre les macules utriculaire et sacculaire. De la paroi médiale à la paroi latérale on rencontre successivement :

a) une trame conjonctive lâche très peu irriguée, traversée par les fibres nerveuses, qui unit le saccule à l'endoste de la fossette hémisphérique.

b) une couche conjonctive fibreuse, épaisse, qui confère son aspect de gel grisâtre au saccule. L'épaisseur de ce conjonctif est d'une centaine de microns, elle diminue aux extrémités caudale et rostrale du saccule, comme se modifie la structure du conjonctif qui devient moins dense et plus réticulé. Les capillaires sanguins sont rares. (Le saccule dans son ensemble apparaît beaucoup moins vascularisé que le reste du labyrinthe membraneux).

c) une membrane basale.

d) un épithélium pluristratifié.

Sur la périphérie de la macule sacculaire cet épithélium devient simple et cylindrique puis pavimenteux quand il devient paroi latérale. Cet épithélium contient des cellules de soutien et des cellules ciliées. Les cils sont très endommagés et détachés des cellules. On ne saurait dire si les stries qui indiquent leur présence, correspondent aux cils agglomérés rangés parallèlement ou aux logettes qu'ils occupaient dans la membrane couvrante. Au-dessus de cette zone persistent parfois une couche dense de fins et nombreux granules réfringents, en général ovalaires. Il s'agit de poussières otolithiques ou otoconies.

e) On rencontre au-dessus la mince paroi latérale, constituée d'un épithélium pavimenteux simple, que double extérieurement une très mince couche conjonctive aux rares cellules. Il se peut que cette trame conjonctive soit très endommagée sur nos préparations et ne présente pas son aspect normal.

— Nous n'avons pas d'observations quant au canal de Hensen et à la branche sacculaire du canal endolymphatique. Leur aspect macroscopique laisse à penser que leur structure est celle des canaux semi-circulaires.

4) CANAL ENDOLYMPHATIQUE :

Nous ne connaissons que sa conformation extérieure et nous avons déjà décrit ses branches sacculaire et utriculaire. Mince canal légèrement aplati, il pénètre dans l'aqueduc du vestibule et se développe dans le même sens que lui. C'est donc rapidement

- un large conduit écrasé latéralement et de section triangulaire. Il est emprisonné entre deux lames de la dure-mère, et accompagné de fines veinules. Il se continue au-delà de l'orifice cérébelleux de l'aqueduc du vestibule par une large expansion de 2 à 2,5 cm, qui s'étend jusqu'à l'os occipital. Il chemine toujours au sein de la dure-mère, mais entre en rapport avec des vaisseaux sanguins. Nous n'avons pas pu mettre en évidence chez l'adulte le **filum terminale** du sac endolymphatique, pourtant très apparent sur les coupes histologiques d'embryons.

5) CANAUX DE SIEBENMANN :

En préparant quelques moulages par corrosion, nous avons pu constater la présence de très fins canalicules sensiblement parallèles à l'aqueduc du vestibule. Il existe des canaux semblables autour du conduit auditif interne. Ces derniers contiennent de fins vaisseaux sanguins irriguant la capsule otique.

II. — APPAREIL COCHLÉAIRE

1) COCHLÉE MEMBRANEUSE ET CANAL COCHLÉAIRE :

L'étude de cette partie de l'oreille interne s'est révélée difficile et décevante, surtout du point de vue histologique.

Les rapides lésions cadavériques [CLAOUÉ (62, p. 165)] y sont pour beaucoup.

Nous regrettons de ne pouvoir apporter que des observations incomplètes dans ce domaine.

Fig. 20. — Fragment de labyrinthe membraneux droit (Cheval). Utricule et canaux semi-circulaires (Vue postéro-supéro-interne) :

1 et 1'	Ampoule et canal semi-circulaires supérieurs	4	Utricule
2 et 2'	Ampoule et canal postérieurs	5	Macule utriculaire
3 et 3'	Ampoule externe et fragment du canal semi-circulaire latéral	6	Crus commune
		7	Fragment du nerf ampullaire postérieur.

On remarquera le diverticule utriculaire en direction de l'ampoule postérieure et de l'extrémité non ampullaire du canal latéral (branche commune ampullaire de Turkewitsch).

Fig. 21. — Fragment de limaçon membraneux (Technique de Gray), (oreille droite Ane) :

1	Nerf cochléaire	5	Lame spirale principale
2	Rampe vestibulaire	6	Cloison spirale de Bellocq
3	Rampe tympanique	7	Apex
4	Ligament spiral et strie vasculaire (pigmentée)		

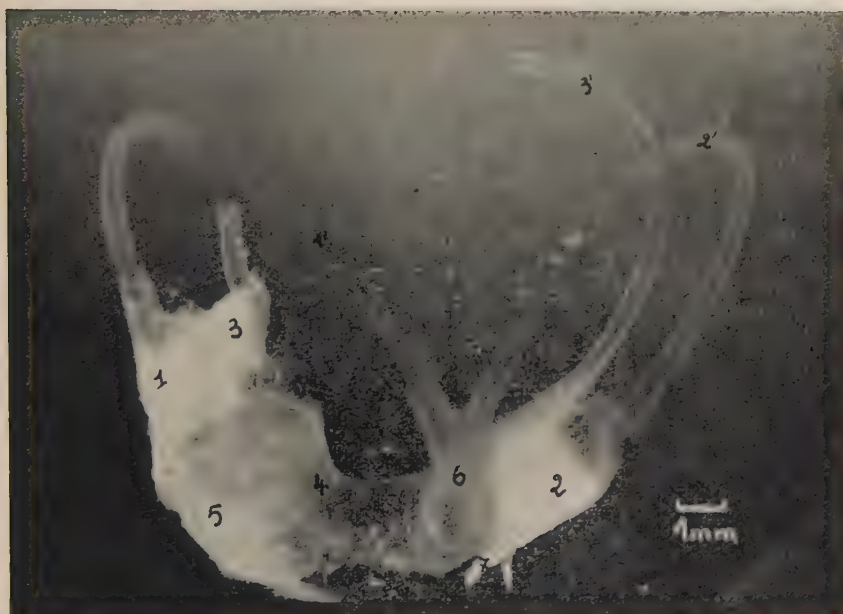


Fig. 20.

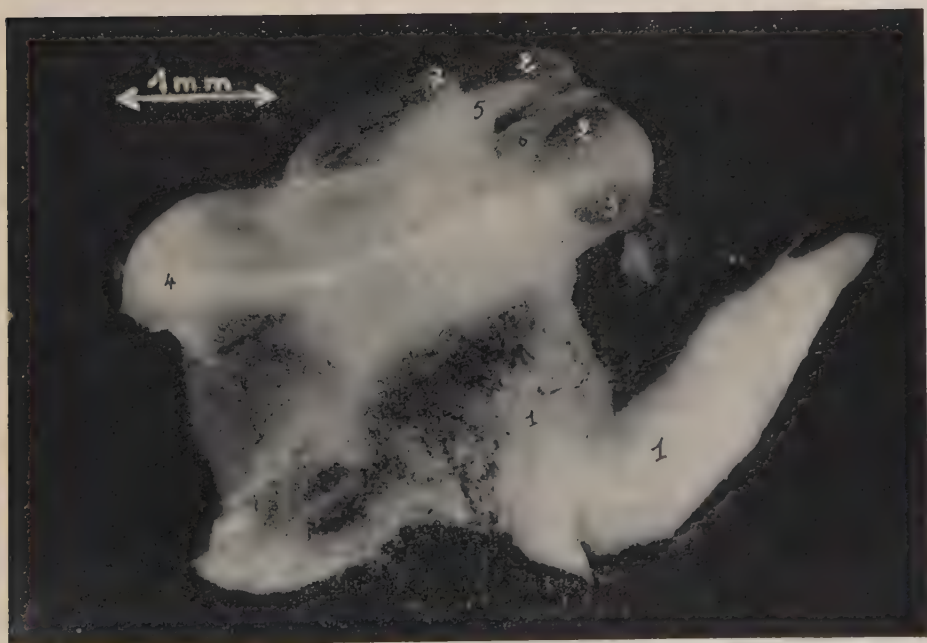


Fig. 21.

A) Morphologie générale :

Nos observations ont été effectuées au cours de dissections et sur quatre inclusions selon la technique de Gray. Ces dernières pièces nous fournissent toutes les parties membraneuses du limaçon dans leurs rapports naturels puisque sont conservés la couche épithélio-conjonctive délimitant les rampes, de même que le nerf cochléaire et que le revêtement épithélial de la lame spirale osseuse. Cette dernière facilite la localisation du canal cochléaire ou limaçon membraneux proprement dit. La pigmentation ponctiforme du ligament spiral, aide encore au repérage.

Le canal cochléaire (**scala média**) prend naissance sur le plancher du vestibule par une extrémité borgne (cul-de-sac de Reichert). Très près de cette extrémité débouche le grêle **canalis reuniens** de Hensen qui le met en communication avec le saccule situé au-dessus de lui. Situé au niveau de la fente vestibulo-tympanique, il suit le bord périphérique de la lame spirale, dont il épouse les flexuosités. C'est ainsi qu'après un coude brusque, il s'engage dans le tube limacéen, au niveau de la rampe vestibulaire, qu'il délimite inféro-postérieurement. Il décrit deux tours un quart de spire et se termine au-dessous de l'apex par une extrémité fermée en cul-de-sac. Tout au long de ce trajet, il est disposé le long du bord libre de la lame spirale osseuse et occupe une situation périphérique telle qu'il complète la lame spirale osseuse par sa **membrane basilaire** et justifie ainsi la dénomination de lame spirale membraneuse. Les deux parties de cette cloison apparaissent clairement sur nos pièces; par leur différence d'opacité. Il est plus malaisé d'apercevoir la membrane dorso-rostrale ou vestibulaire (**membrane de Reissner**) du canal cochléaire. C'est une frêle membrane épithéliale, souvent déchirée, qui subsiste de place en place sous forme de ponts membraneux. Elle indique cependant la forme du limaçon membraneux qui est un tube de section triangulaire dont le sommet s'appuie sur le bord libre de la lame spirale osseuse et qui repose par sa base ou ligament spiral, sur la paroi périphérique de la cochlée. Revenons plus en détail sur ces trois faces du canal cochléaire, et sur son sommet interne.

B) Le ligament spiral :

a) Conformation extérieure :

On sait qu'il apparaît précocément chez l'embryon sous la forme d'un mésenchyme dense, non intéressé par l'involution périlymphatique, et qui relie l'ébauche du canal cochléaire à la capsule otique.

Chez l'adulte, c'est un épaissement de tissu fibreux, d'aspect réticulé, peut-être de nature périostée.

Sa section affecte la forme d'un triangle curviligné isocèle. On lui reconnaît donc une base (face périphérique), deux côtés (face vestibulaire et face tympanique) et trois sommets. La longueur de cette base diminue de 1.200 à 300 microns quand on s'élève du premier au dernier tour de spire du canal cochléaire. La hauteur du triangle varie dans le même sens de 300 à 50 microns.

La face périphérique, régulièrement arrondie, répond à la paroi osseuse que l'on nomme lame des contours. Elle y adhère intimement, mais on peut cependant l'en détacher avec une relative facilité, sauf au niveau du sommet tympanique, légèrement ossifié. Il se crée ainsi une petite saillie que nous avons décrite en examinant la cochlée osseuse. La face tympanique, légèrement concave, ne présente aucune structure remarquable. Il n'en est pas de même de la face vestibulaire, également légèrement convexe, mais qui présente une petite éminence arrondie : le bourrelet spiral. Ce relief se situe près du sommet interne du ligament, environ au tiers de la face vestibulaire. Près du sommet vestibulaire, on distingue une légère saillie qui n'est autre que la crête d'insertion de la membrane de Reissner.

Entre ces deux petits reliefs se creuse une légère dépression, légèrement concave, qui est occupée par une couche hautement vascularisée : la **strie vasculaire**, que l'on distingue à l'examen macroscopique par sa trame de capillaires. On peut en dénombrer une dizaine et parfois une ou deux veinules plus importantes. Chez l'homme on décrit sous le nom de **sillon spiral externe**, une gouttière régulièrement arrondie qui se situe entre le sommet interne et le bourrelet spiral. Cette structure n'est pas évidente chez les Equidés ; à ce niveau la paroi continue le mouvement de la face vestibulaire.

Nous savons déjà que le sommet tympanique est légèrement ossifié et qu'il se fond avec l'os de la lame des contours. Le sommet vestibulaire, très aigu, vient s'insérer entre cette même paroi osseuse et son revêtement membraneux. Il est en général parcouru par une ou deux veinules. Le sommet interne forme un angle plus ouvert. C'est la crête d'insertion de la membrane basilaire.

b) **Structure histologique :**

Le ligament spiral est décrit comme un épaissement périosté à fibres conjonctives orientées. On reconnaît une telle structure chez les Equidés. La portion périphérique est un tissu conjonctif fibreux, dont la trame est parallèle à la lame des contours. Quand on se rapproche des faces et du sommet interne, les fibres convergent peu à peu vers la crête d'insertion de la membrane basilaire. En même temps, le conjonctif devient plus dense au niveau du sommet. Le bourrelet spiral a un aspect particulier : les fibres y sont plus intensément colorées, de disposition irrégulière. On retrouve cette structure dans la mince lame conjonctive sur laquelle repose la strie vasculaire. La crête d'insertion de la membrane de Reissner et le sommet vestibulaire rappellent la crête d'insertion de la membrane basilaire : même tissu dense et moins fibreux que le reste du ligament spiral.

C) **La membrane de Reissner :**

C'est la face vestibulaire du canal cochléaire. Elle prend son origine rostralement par rapport à la lame spirale, au niveau du bord interne de la bandelette sillonnée (cf. infra). Elle se porte obliquement en avant et s'insère sur une petite crête du ligament spiral qui lui est spécialement destinée. Cette membrane, normalement tendue, sépare le canal cochléaire de la rampe vestibulaire. Du point de vue histologique il s'agit d'une mince lame formée, semble-t-il, de deux couches épithéliales. Une mince lamelle conjonctive sépare peut-être ces deux couches.

D) **La paroi postérieure (plancher) du canal cochléaire :**

Elle est constituée par une lame fibreuse qui sépare le canal cochléaire de la rampe tympanique. C'est la **membrane basilaire**, tendue entre sa crête d'insertion sur le ligament spiral et le bord libre de la lame spirale osseuse.

A l'examen macroscopique, c'est une mince membrane translucide qui s'élargit de la base au sommet du limaçon, et mesure environ de 100 à 600 microns. On y distingue difficilement la structure des zones lisse et striée mais on voit courir un fin liseré blanc, parfois double, qui correspond à l'organe de Corti et les sépare. La zone lisse, la plus centrale, répond au tunnel de Corti antérieurement et au vaisseau spiral postérieurement. La zone striée, périphérique, s'étend jusqu'au ligament spiral. Les stries sont rayonnantes et leur nature mal connue.

Du point de vue histologique, il s'agit d'un conjonctif fibreux extrêmement dense, revêtu d'un endothélium sur sa face tympanique et supportant les cellules de l'organe de Corti sur son autre face. La membrane basilaire semble dépourvue de cellules conjonctives et on ne discerne pas de couche hyaline sur nos préparations histologiques.

E) La bandelette sillonnée ou sommet interne du canal cochléaire :

a) Conformation :

C'est un épaississement remarquable du périoste de la face vestibulaire de la lame spirale. Sa forme varie un peu dans chaque espèce comme celle des rampes limacéennes. La section de ce relief est sensiblement trapézoïdale. La bandelette occupe toute la longueur du limaçon sur une largeur de 250 à 300 microns à la base et de 150 au sommet. La hauteur est environ la moitié de la largeur à la base.

La face basale repose sur la lame spirale et lui adhère solidement. La face interne relie le plateau supérieur au périoste de la lame spirale. C'est une surface concave presque verticale, surtout chez le Cheval ; sa pente s'adoucit soudainement au niveau de la lame spirale qu'elle rejoint harmonieusement.

La face périphérique, fortement concave au dehors, forme une gouttière régulière et profonde que l'on nomme sillon spiral interne. Le bord tympanique se continue régulièrement avec le bord interne de la membrane basilaire. Les fibres distales du nerf cochléaire, issues du ganglion situé dans le canal de Rosenthal, débouchent à ce niveau, après avoir cheminé entre les deux

lamelles de la lame spirale. Les pertuis qui leur livrent passage sont appelés les **foramina nervina**. Ils sont au nombre de plusieurs milliers, régulièrement disposés. Le bord vestibulaire de la face externe de la bandelette sillonnée est libre. Il prend l'aspect d'une mince lame qui surplombe le sillon spiral interne.

La face antérieure (plateau de la bandelette sillonnée) est plane chez les Equides. Elle est creusée d'alvéoles irrégulièrement espacées, au nombre d'une dizaine. Ces alvéoles ou sillons contiennent des cellules d'aspect épithélioïde. Les parois de ces logettes sont constituées d'une formation conjonctive dense, plus large au sommet qu'à la base ; elles ont parfois reçu le nom de **dents auditives**. Une fine membrane anuclee couvre cette face. On ne peut mettre en évidence, sur nos préparations l'existence d'un quadrillage régulier par des sillons interdentaires orthogonaux. Un certain parallélisme des dents auditives s'observe pourtant au niveau du bord vestibulaire périphérique de la bandelette sillonnée (bloc 1987 - lames 46 à 50).

b) Structure histologique :

C'est un épaississement conjonctif identique au ligament spiral. On y rencontre un tissu fibreux, dont les travées sont orientées parallèlement à la membrane basilaire, dans laquelle elles se continuent. Près de la face antérieure, le conjonctif perd son aspect réticulé et devient plus dense et homogène. On rencontre quelques capillaires sanguins dans la bandelette sillonnée. Nous avons déjà signalé l'aspect hyalin de la mince cuticule recouvrant la face antérieure.

F) L'épithélium cochléaire et l'organe de Corti :

Comme tout le limaçon, le canal cochléaire est revêtu d'une couche de cellules épithéliales. Au niveau des rampes comme sur la membrane de Reissner, c'est un épithélium pavimenteux simple. Au niveau de la bandelette sillonnée, il gagne les alvéoles précédemment décrites. Sur le ligament spiral il prend un aspect cylindrique de plus en plus prononcé quand on se rapproche de la membrane basilaire. Ceci est particulièrement net au niveau de sa face cochléaire où il va subir de profondes modifications pour donner l'organe de Corti ou papille spirale, aire sensorielle vouée à la fonction de l'audition.

Cette partie de l'oreille fait en général l'objet d'une étude extrêmement détaillée. Nous ne pouvons agir de même car nos préparations histologiques sont très endommagées. Les quatre pièces incluses (blocs 1987, 1990, 1991, 1996) montrent des altérations post-mortem et des dégâts de la décalcification. Nous pouvons cependant y distinguer les éléments habituels de l'organe de Corti, sans pouvoir en faire une étude comparée ni observer leurs rapports réciproques, à notre grand regret. Dans l'organe de Corti, on distingue deux sortes de cellules : des cellules de soutien et des cellules ciliées sensorielles.

Les éléments de soutien comprennent les piliers de Corti et les cellules de Deiters, de Claudius et de Hensen.

a) Piliers de Corti :

Les piliers de Corti forment une rangée interne ou centrale et une rangée externe ou périphérique, réunies par leur sommet. Ces piliers unis deux à deux en arcade, ménagent un tunnel de Corti, dont la section dessine un triangle équilatéral. Ce sont des cellules épithéliales très allongées, dont la base, ou pied, élargie, repose sur la membrane basilaire. On distingue dans le pied une partie protoplasmique normale, contenant le noyau, situé du côté interne, pour le pilier externe et inversement pour le pilier interne. Elle est bordée d'une partie fibreuse qui la surplombe légèrement, formant ainsi un quart de cercle, avant de se prolonger, après s'être redressée vers le haut, par le corps du pilier, fin, étiré, qui s'accole bientôt à son homologue. La zone de réunion est appelée la tête du pilier. Les corps des piliers ne sont pas rectilignes, mais légèrement sigmoïdes. Nous avons déjà signalé l'inflexion basale autour du protoplasme et le redressement du pilier. Il est plus prononcé du côté central, ce qui fait apparaître le pilier interne plus vertical que le pilier externe, dont l'angle d'inclinaison sur la membrane basilaire est de 45 à 50° degrés environ. Celui du corps du pilier interne est de l'ordre de 60°. La tête d'un pilier interne forme un arc régulièrement arrondi dans lequel s'emboîte la tête élargie en massue du pilier externe. La tête du pilier interne se prolonge par une petite apophyse parallèle à la direction de la membrane basilaire, qui recouvre semble-t-il un prolongement analogue du pilier externe. Les arcades successives ne sont pas réunies par le corps des piliers (lames 80-81, bloc 1987), et pren-

nent l'aspect d'une grille. Il s'agit peut-être là d'un artefact. Seules les têtes et les bases des piliers sont en contact. Il ne nous est pas possible de dénombrer les piliers de Corti tout au long du limaçon.

Chaque pilier montre une substance hyaline, striée, le pilier proprement dit appuyé contre un élément protoplasmique nucléé dont il est difficile de fixer la limite supérieure.

b) Cellules de Deiters ou cellules de soutien, proprement dites :

Elles encadrent les cellules ciliées auditives des rangées externes ou périphériques. Comme les cellules qu'elles supportent elles sont disposées en trois rangées, légèrement inclinées vers le centre, et décalées vers l'extérieur par rapport à la rangée auditive correspondante. Elles se posent par une extrémité sur la membrane basilaire, mais ne paraissent pas s'insinuer entre les cellules ciliées. Il existe une cellule de soutien pour la cellule auditive interne, mais sa structure diffère de celle des cellules de Deiters. Du point de vue histologique ce sont des cellules fusiformes à noyau central et à protoplasme granuleux,

c) Cellules de Hensen et de Claudius :

Les cellules de Hensen bordent la périphérie de l'organe de Corti. Les cellules de Claudius externes leur font suite jusqu'au ligament spiral. De même, les cellules de Claudius internes couvrent la membrane basilaire du pilier de Corti interne au sillon spiral interne. Toutes ces cellules sont très endommagées sur nos préparations. Ce qu'il en reste nous permet d'affirmer leur origine épithéliale, sans toutefois préciser le type cellulaire.

d) Cellules ciliées sensorielles : cellules auditives ou cellules de Corti :

Les éléments sensoriels sont disposés de part et d'autre du tunnel de Corti, inclinés dans le sens du pilier. On distingue une rangée interne et trois rangées externes. Ce sont des cellules cylindriques qui s'appuient sur les cellules de Deiters. On leur reconnaît en général une forme de dé à coudre.

Le microscope les montre comme des cellules étroites, espacées les unes des autres, avec le noyau occupant le pôle inférieur (bout arrondi du dé). Le protoplasme est clair et homogène. Le plateau

supérieur porte des cils qui n'apparaissent guère sur nos préparations. Ils paraissent noyés dans la couche cuticulaire qui repose sur l'organe de Corti et que l'on nomme membrane réticulaire. Cette membrane couvre le tunnel de Corti et les cellules auditives. Elle dépasse quelque peu le niveau de la cellule ciliée la plus externe. En coupe tangentielle nous ne retrouvons pas la disposition quasi géométrique décrite par Loewenberg, mais on distingue un très fin reticulum à mailles polyédriques correspondant aux cellules sous-jacentes.

G) La membrane de Corti ou membrana tectoria :

C'est une membrane qui naît au bord interne de la bandelette sillonnée presque au même point que la membrane de Reissner. Elle couvre la bandelette sillonnée et flotte librement au-dessus de l'organe de Corti. Certains auteurs pensent qu'elle est sécrétée par les cellules de la bandelette sillonnée ; d'autres, dont YOUNG, y voient une partie de l'épithélium sensoriel par analogie avec certaines structures rétinienne. Les extrémités des cils sont normalement prises dans cette membrane. Du point de vue histologique, c'est une substance anhyste parfois finement striée.

H) Les fibres distales du nerf cochléaire :

Les prolongements dendritiques des neurones bipolaires du ganglion spiral, situé dans le canal de Rosenthal, à la base de la lame spirale, se réunissent en fibres myélinisées qui s'engagent dans la lame spirale. Elles s'en échappent au niveau de son bord libre par de petits pertuis, et traversent la membrane basilaire. Devenues amyéliniques, elles se répartissent soit aux cellules auditives internes, soit, après avoir traversé le tunnel de Corti, aux cellules auditives externes. D'une manière générale et selon WEBER [cité par BONNET (37)], les cellules ciliées internes reçoivent chacune une ou deux fibres à disposition radiale, c'est-à-dire sortant de la columelle à leur niveau. Elles sont aussi innervées par des fibres à disposition spirale, soit intraganglionnaire soit périphérique. Les cellules ciliées externes sont au contact de fibres spirales externes.

2) LE REVÊTEMENT DES ESPACES PÉRILYMPHATIQUES COCHLÉAIRES. AQUEDUC DU LIMAÇON :

Les rampes vestibulaire et tympanique sont tapissées comme le reste du labyrinthe osseux d'un véritable endothélium que certains auteurs nomment capsule labyrinthique et qu'ils considèrent comme un prolongement de l'arachnoïde. Ce revêtement n'enveloppe pas d'éléments fibreux d'origine périostée comme au niveau des canaux semi-circulaires. Il recouvre une pellicule conjonctive très vascularisée qui se confond avec le périoste du labyrinthe osseux.

Dans l'aqueduc du limaçon, qui s'ouvre dans la rampe tympanique et met en communication la cochlée avec la cavité crânienne, ce revêtement constitue un diverticule remarquable, qui n'est pas sans rappeler l'expansion endolymphatique. Il épouse le conduit osseux et comme lui se dirige obliquement de dehors en dedans, de haut en bas et d'avant en arrière. Il naît par un entonnoir qui continue le revêtement des rampes et sur lequel on voit six à sept grêles vaisseaux confluer en une veinule. Il s'engage dans la portion étroite et aplatie de l'aqueduc du limaçon. Après un trajet de 7 à 10 mm, le diverticule périlymphatique qui était un canal aplati de 1 à 1,5 mm de large s'achève par un sac flabelliforme de 4 à 7 mm de large, qui repose dans la paroi médiale de la dure-mère. L'ensemble du conduit périlymphatique ressemble à une botte aplatie dont le pied pointerait vers le haut. Nous avons déjà mentionné son importance physiologique [YOUNG M.W. (185, 186, 187, 188)].

III. — LES LIQUIDES DE L'OREILLE

Nous rappellerons quelques notions sur l'endolymphe qui emplit les cavités du labyrinthe membraneux et sur la périlymphe qui occupe l'espace ménagé entre les parties molles de l'oreille interne et les parois du labyrinthe osseux.

La périlymphe remplit les espaces périlymphatiques qui sont continus entre eux et communiquent avec l'oreille moyenne par la **fissula ante fenestram** et avec la cavité crânienne par les aires cri-

blées et l'aqueduc du limaçon. Ces espaces représentent le plus important volume de l'oreille interne, on peut estimer qu'ils équivalent aux trois quarts de la cavité osseuse. La périlymphe est un liquide clair, incolore et fluide. Selon les physiologistes, elle est identique au liquide cérébro-spinal sauf pour la constitution protéique. D'après YOUNG M.W. (187), elle serait produite par la filtration de l'endolymphe à travers la membrane de Reissner et elle s'éliminerait par la **fissula ante-fenestram** et le conduit périlymphatique.

L'endolymphe est aussi un liquide clair, fluide et incolore. Elle diffère de la périlymphe par ses propriétés physico-chimiques. Elle est sécrétée dans le canal cochléaire par la strie vasculaire du ligament spiral et gagne tout le labyrinthe membraneux par le canal de Hensen et le canal endolymphatique.

Elle se résorbe par filtration au niveau du sac endolymphatique et par passage au travers de la membrane de Reissner. Il faut signaler la richesse en ions potassium de ce liquide et la valeur élevée du rapport potasso-calcique. Cette valeur est analogue à celle des milieux intra-cellulaires et confère à l'endolymphe de remarquables propriétés électriques.

Nous avons déjà mentionné l'importance de ces liquides dans le fonctionnement du labyrinthe.

CHAPITRE III

VASCULARISATION ET INNERVATION DE L'OREILLE INTERNE

On ne peut étudier l'anatomie de l'oreille interne sans évoquer sa vascularisation et son innervation. Aussi avons-nous rassemblé quelques observations succinctes. Faute de loisir et de compétence technique, nous présentons seulement une esquisse, qu'il ne faut pas comparer avec les remarquables travaux de CHARACHON (57), SNAPP (162), DUROUX et BOSSY (84), et qui mériterait une étude toute spéciale.

I. — VAISSEAUX DE L'OREILLE INTERNE

1) ARTÈRES :

La vascularisation est essentiellement assurée par l'artère auditive interne ; quelques grêles artérioles accessoires irriguent la capsule otique et son périoste.

A) Artère auditive interne :

L'artère auditive interne procède du bord antérieur de l'artère cérébelleuse postérieure. L'anastomose carotido-basilaire lui délègue le plus souvent une branche, et l'artère auditive interne paraît naître par deux racines [SCHÄFER (156, p. 36-37)]. Elle se porte dorso-rostralement et gagne le conduit auditif interne, ou elle

chemine sous le nerf facial et s'y divise en deux. On distingue ainsi un rameau vestibulaire antérieur et un rameau cochléaire commun ou cochléo-vestibulaire. Ces deux rameaux assurent toute la vascularisation du labyrinthe membraneux et d'une partie du périoste du labyrinthe osseux.

Le rameau vestibulaire antérieur délègue quelques arborisations rétrogrades sur le nerf stato-acoustique puis il se subdivise. La branche principale ou branche vestibulaire s'engage avec le nerf vestibulaire supérieur dans l'aire criblée supérieure. La seconde branche plus grêle, reçoit souvent une fine anastomose du rameau cochléo-vestibulaire, puis elle se perd rapidement entre les fibres du nerf cochléaire.

Le rameau cochléo-vestibulaire, après avoir émis l'anastomose précédemment décrite, s'engage entre le nerf cochléaire et le nerf vestibulaire et bifurque en deux branches à ce niveau. La branche cochléaire proprement dite se porte à la base de la columelle avec le nerf cochléaire et pénètre dans le tractus spiralis foraminosus. La branche vestibulo-cochléaire pénètre dans le vestibule avec le nerf vestibulaire inférieur, à la limite de l'aire criblée sacculaire et du crible spiroïde.

B) Artères accessoires :

Ce sont de grêles artérioles destinées à la capsule otique qui pénètrent dans le rocher par de fins canalicules entourant le conduit auditif interne, ou quelques pertuis dans la région des fenêtres.

C) Distribution au niveau du labyrinthe membraneux :

L'étude de la distribution de l'artère auditive interne au niveau du labyrinthe membraneux nécessite de délicates injections (cf. CHARACHON). Cependant, on peut réunir quelques observations sur le réseau vasculaire dans son ensemble par l'examen à la loupe binoculaire (x 150).

Les ampoules des canaux semi-circulaires supérieur et horizontal, ainsi que la majeure partie de l'utricule, sont irrigués par le rameau vestibulaire de l'artère auditive interne. Accompagnant les nerfs ampullaires, les vaisseaux destinés aux canaux gagnent la base des ampoules, qu'ils contournent pour cheminer à la face

concave (interne) des canaux membraneux. La partie supérieure (convexe) du canal est irriguée par des branches qui se détachent de proche en proche, perpendiculairement ou avec une faible inclinaison. Au sommet de la boucle du canal, l'artériole s'anastomose à plein canal avec son homologue du côté non ampullaire. Il semble bien qu'il y ait deux veinules et une artériole par canal. La région de la crête ampullaire est soulignée par un très riche réseau capillaire, où l'on reconnaît une arcade basale émettant des branches perpendiculaires qui se ramifient abondamment. L'utricule est parcouru par de nombreux vaisseaux sensiblement parallèles, disposés selon son grand axe, sur les faces dorsale et ventrale. La macule utriculaire est particulièrement bien irriguée par un riche réseau sous épithélial, comme nous l'avons vu dans l'étude histologique. La plupart des artérioles proviennent du rameau vestibulaire. Une ou deux procèdent de la branche vestibulaire du rameau vestibulo-cochléaire. Cette branche se distribue encore au saccule, à l'ampoule postérieure, à la branche commune, aux canaux supérieur et postérieur (une seule artériole qui se subdivise), et à la branche non ampullaire du canal horizontal.

Le limaçon reçoit les ramifications de la partie cochléaire de la branche vestibulo-cochléaire et celles de l'artère cochléaire proprement dite, qui assure l'essentiel de sa vascularisation. Ces artères parcourent la columelle dans des canalicules antérieurs et parallèles au canal de Rosenthal. Elles délèguent des branches au ganglion spiral, à l'organe de Corti à travers les parois de la lame spirale osseuse et au reste de la cochlée par les importants vaisseaux cheminant dans la cloison spirale de Bellocq,

2) VEINES :

Le sang veineux s'échappe par la grêle veine auditive interne, par la veine de l'aqueduc du vestibule et par la veine de l'aqueduc du limaçon.

A) Veine auditive interne :

C'est un satellite de l'artère auditive interne situé dans le conduit auditif interne. Elle draine la columelle, une partie de la lame spirale osseuse, et le ganglion de Corti.

B) Veine de l'aqueduc du vestibule :

Elle draine l'appareil vestibulaire membraneux et rejoint le système veineux méningé.

C) Veine de l'aqueduc du limaçon :

C'est le plus important des trois vaisseaux. Il draine la majeure partie du limaçon. Les capillaires veineux de l'organe de Corti se jettent dans le *vas spirale* qui chemine à la face tympanique de la membrane basilaire, au-dessous du tunnel de Corti. Il en part des veinules qui cheminent dans les parois de la lame spirale osseuse et aboutissent aux veines spirales. Ces veines reçoivent encore le sang du **vas proeminens** qui occupe le bourrelet spiral, et d'une veine située au sommet de la strie vasculaire. Ces veinules se réduisent à six ou sept vaisseaux qui confluent dans l'entonnoir de l'aqueduc du limaçon en une seule veinule qui rejoint le système vasculaire méningé.

II. — INNERVATION DE L'OREILLE INTERNE, LE NERF STATO-ACOUSTIQUE

Le nerf sensoriel qui dessert l'oreille interne est le nerf stato-acoustique, nerf de la huitième paire crânienne. Il est double et formé de deux nerfs accolés, mais distincts par leurs fonctions comme par leurs connexions centrales et périphériques. L'un, proprement auditif, provient du limaçon ; c'est le nerf cochléaire. L'autre provient du nerf vestibulaire, spécialement affecté au sens de l'orientation et de l'équilibre.

1) ORIGINE APPARENTE :

Le nerf stato-acoustique émerge à l'extrémité orale du bord latéral du bulbe, juste derrière et au-dessus du nerf facial. Il prend naissance par une racine ventrale ou vestibulaire et une racine dorsale ou cochléaire.

La racine vestibulaire ou ventrale paraît sortir directement du bulbe, tout contre le nerf intermédiaire de Wrisberg qui le sépare du nerf facial situé au-dessous et en avant.

La racine cochléaire ou dorsale prolonge vers l'extérieur une saillie oblongue, placée oralement, latéralement et un peu dorsalement au corps rectiforme et qui correspond au tubercule acoustique [BARONE (15, p. 489)]. Elle se prolonge au delà de cette saillie sous forme d'un cordon nerveux un peu aplati qui contourne le corps restiforme et aboutit à l'angle latéral du quatrième ventricule sur le plancher duquel il se perd. Chez le cheval cette racine est placée plus caudalement que chez l'âne.

2) ORIGINES RÉELLES :

Les origines réelles du nerf stato-acoustique sont les neurones bipolaires ganglionnaires. Les fibres du nerf cochléaire proviennent du ganglion spiral ou ganglion de Corti, qui s'enroule dans le canal spiral de Rosenthal. Celles du nerf vestibulaire naissent des cellules du ganglion de Scarpa situé contre le hiatus auditif interne, à l'entrée des aires criblées. Les cellules ganglionnaires de Corti sont plus petites que celles du ganglion de Scarpa. On observe dans ce dernier de gros neurones, destinés selon WESTON (175) aux crêtes statiques et à la papilla neglecta, et des cellules moyennes innervant les macules sacculaire et utriculaire.

3) CONNEXIONS CENTRALES :

Nous n'aborderons pas cette question longuement étudiée par divers auteurs dont BARONE (14, p. 366-371), et nous ne la résumerons pas de peur d'obtenir qu'un simple catalogue des noyaux centraux.

4) TRAJET ET RAPPORTS :

En compagnie du nerf intermédiaire de Wrisberg et du nerf facial, le nerf stato-acoustique a un trajet libre d'environ un centimètre avant de s'engager dans le conduit auditif interne. Pendant ce court trajet l'ensemble subit une légère torsion longitudinale. Le facial, qui a son origine apparente située le plus médialement et le plus ventralement croise le nerf stato-acoustique vers le haut, l'extérieur et légèrement vers l'arrière. Le nerf

cochléaire qui naît le plus caudalement, décrit un mouvement inverse qui le porte vers le bas et l'avant. Ainsi les fibres dorso-rostrales de ce nerf vont-elles innerver le premier tour de spire de la cochlée en gagnant la partie caudale du crible spiroïde. Le nerf vestibulaire est un peu moins intéressé par ce phénomène, qui se poursuit à l'intérieur du conduit auditif interne, sous une protection méningée. Au niveau du hiatus auditif interne, le facial accompagné de l'intermédiaire de Wrisberg, se sépare du nerf stato-acoustique et s'engage dans l'aqueduc de Fallope après avoir reçu une grêle anastomose du nerf vestibulaire. Le nerf cochléaire gagne le crible spiroïde. Le nerf vestibulaire se divise dès l'entrée du conduit auditif interne chez l'Ane, un peu plus loin chez le Cheval, en deux branches dorsale ou supérieure et ventrale ou inférieure. Cette dernière reçoit une anastomose du nerf cochléaire.

5) DISTRIBUTION :

Le **nerf cochléaire** se distribue au limaçon, qu'il gagne par la double rangée du crible spiroïde. Il se subdivise à ce niveau en grêles et nombreux fascicules qui rejoignent le ganglion de Corti comme nous l'avons déjà indiqué. La proximité des aires criblées sensorielles sacculaire et spiroïde, mal délimitées, autorise des échanges de fibres entre les deux racines du nerf stato-acoustique. Cette région paraît très confuse sur nos coupes microscopiques, et nous n'avons jamais pu mettre en évidence l'équivalence de ganglion de Boettcher ou d'un rameau de Hardy. Nous avons noté une anastomose cochléo-sacculaire à l'intérieur du conduit auditif interne.

Le **nerf vestibulaire** porte sur ses deux branches le ganglion de Scarpa. On reconnaît à peine le léger renflement qui traduit sa présence à l'entrée des aires criblées. Il apparaît nettement subdivisé sur les préparations histologiques et l'on pourrait distinguer un ganglion supérieur et un ganglion inférieur. Le nerf vestibulaire supérieur, dorsal, s'engage dans la fossette criblée supérieure et donne trois grêles rameaux : le nerf utriculaire qui se distribue immédiatement dans la macule utriculaire, le nerf ampullaire latéral qui a un court trajet intra-vestibulaire avant de s'achever dans la crête sensorielle du canal semi-circulaire latéral, et le nerf

ampullaire supérieur, parallèle au précédent, sauf à son extrémité distale où il se redresse presque perpendiculairement.

Le nerf vestibulaire inférieur ou ventral possède deux filets. L'un ventro-rostral est destiné à la macule sacculaire, l'autre plus dorsal et caudal s'engage dans le foramen singulare de Morgani, et longe la paroi médio-caudale du vestibule, d'abord sensiblement au niveau du bord dorsal du saccule, puis sous la crête transverse. Il entre alors dans le labyrinthe osseux en regard de l'ampoule postérieure. On sait qu'il délègue quelques fibres à la papilla neglecta.

La dualité anatomique correspond à la dualité fonctionnelle de cet organe des sens à la fois proprioceptif et extéroceptif qu'est l'oreille interne.

CONCLUSIONS

A. - Du point de vue embryologique comme du point de vue anatomique, l'oreille interne des Equidés ne s'écarte pas du type habituellement rencontré chez les Mammifères.

B. - Elle se distingue cependant par quelques caractères :

1°) des points d'ossification apparaissent dans la capsule otique, dès la neuvième semaine.

2°) le limaçon décrit deux tours un quart de spire ; sa hauteur est relativement faible.

3°) l'angle thyridien mesure 21° .

4°) l'angle centro-ampullaire postérieur mesure 5 à 6° .

5°) l'angle cochléaire mesure environ 50° .

6°) les plans des canaux semi-circulaires forment entre eux des angles inférieurs à 90° .

7°) des trois canaux, le plus long est le canal semi-circulaire supérieur.

8°) il existe une forte pigmentation brune de certaines parties du labyrinthe membraneux.

9°) il existe une **papilla neglecta**. A notre connaissance ce fait n'a jamais été signalé chez les Ongulés.

C. - D'autres caractères permettent de différencier un rocher d'Ane d'un rocher de Cheval.

1°) le méat acoustique interne de l'Ane est ovale ou rectangulaire, alors qu'il est plutôt triangulaire chez le Cheval.

2°) le plan ampullaire latéral, fait un angle moyen de 55° chez l'Ane et de 45 à 50° chez le Cheval, avec l'axe longitudinal moyen de la tête.

3°) chez le cheval l'utricule envoie un diverticule à la rencontre de l'orifice ampullaire du canal semi-circulaire postérieur et de l'orifice non ampullaire du canal semi-circulaire horizontal. Cette disposition explique et justifie la dénomination de branche commune ampullaire donnée par TURKEWITSCH à la partie correspondante du vestibule osseux. Chez l'Ane ce diverticule n'existe pas.

4°) le plan du canal supérieur et celui du canal latéral forment un dièdre de 86° chez l'Ane et de 70° chez le Cheval.

Le Directeur
de l'Ecole Vétérinaire de Lyon,
R. FLORIO.

Le Doyen,
J.F. CIER.

Le Professeur
de l'Ecole Vétérinaire de Lyon,
R. BARONE.

Le Président de la Thèse,
LATARJET.

Vu et Permis d'imprimer.

LYON, le 14 Avril 1965

Le Recteur, Président du Conseil de l'Université,
P. LOUIS.

BIBLIOGRAPHIE

1. ADES (H.W.). — Structural changes in the organ of Corti produced by exposure to noise. Am. Ass. Anat. 1963, in Anat. Rec., 1963, **145**, 197 (Abstract).
2. ANSON (B.J.). — The distal projection of the endolymphatic sac in human embryos. Anat. Rec., 1933, **57**, 53-58.
3. ANSON (B.J.). — Stapes, fissula ante-fenestram, and associated structures in man. From the fetus of 75 mm to that of 150 mm. Anat. Rec., 1942, **82**, 395 (Abstract 85).
4. ANSON (B.J.). — Vascular anatomy of the auditory ossicles in man, blood vessels in the fossula of the vestibular fenestra. Am. Ass. Anat., 1963, in Anat. Rec., 1963, **145**, 202 (Abstract).
5. ANSON (B.J.). — The developmental and adult anatomy of the facial canal in man. Am. Ass. Anat. 1964, in Anat. Rec., 1964, **148**, 255-256 (Abstract).
6. ANSON (B.J.), BAST (T.H.). — The development of the otic capsule and the auditory ossicles in man. Am. Ass. Anat., 1958, in Anat. Rec., 1958, **130**, 204 (Abstract).
7. ANSON (B.J.), BLACK (W.T. Jr.). — The early relation of the auditory vesicle to the ectoderm in human embryos. Anat. Rec., 1933-34, **58**, 127-137.
8. ANSON (B.J.), WILSON (J.G.). — The utricular fold in the adult human ear. Anat. Rec., 1929, **43**, 251-255, 1 pl.
9. ANSON (B.J.), WILSON (J.G.). — The fissula ante-fenestram in an adult human ear. Anat. Rec., 1933, **56**, 383-393.

10. ANTHONY (Dr J.), SABAN (R.). — Le point central de la rotation occipitale dans la série des mammifères. C.R. Ac. Sc., 19 nov. 1951, **233**, 1312-1314.
11. ARDOUIN (P.). — La chaîne des osselets de l'ouïe chez le tatou (*Dasypus sexcinctus* L.). Arch. Anat. Histo. Embryo., 1936-1937, **24**, 235-248.
12. ARDOUIN (P.). — L'oreille moyenne, anatomie et histologie comparées. 1 vol., 179 p., 16 X 24, Paris, Masson édit., 1941.
13. ARIENS KAPPERS (C.U.), HUBER (G.G.), CROSBY (E.C.). — The comparative anatomy of the nervous system of vertebrates including man. Tome I, 1 vol., 695 p., 16 X 24, New York, Hafner publishing company, 1960, 484-500.
14. BARONE (R.). — Névrxax et méninges in TAGAND et BARONE : Anatomie des Equidés domestiques. Tome 3, Ecole Nat. Vét. Lyon, Laboratoire d'Anatomie, 1962, 366-371.
15. BARONE (R.). — Nerfs, système sympathique, glandes endocrines in : TAGAND et BARONE : Anatomie des Equidés domestiques. Tome 3, Ecole Nat. Vét. Lyon, Laboratoire d'Anatomie, 1964, 489-492.
16. BARONE (R.), BOSSY (J.). — Contribution à l'étude des nerfs pétreux chez les solipèdes. Bull. Assoc. Anat. 48^e réunion 1962, 221-228.
17. BARNETT (C.H.). — A rapid method of graphic reconstruction. Jour. Anat. Lond., 1956, **90**, 304-306.
18. BAST (T.H.). — The utriculo-endolymphatic valve. Anat. Rec., 1928, **40**, 61-64.
19. BAST (T.H.). — Blood supply of the otic capsule of a 150 mm (C.R.) human fetus. Anat. Rec., 1931 **48**, 141-151.
20. BAST (T.H.). — The utriculo-endolymphatic valve and duct and its relation to the endolymphatic and saccular ducts in man and guinea pig. Anat. Rec., 1937, **68**, 75-97.

21. BAST (T.H.). — Development of the human otic capsule in the cochlear and fissular region. *Anat. Rec.*, 1942, **82**, 399 (Abstract 83).
22. BEAUMEZ (M.). — Contribution à l'étude des cellules mastoïdiennes chez les animaux domestiques. Th. Doct. Vét. Paris, 1935, 9-19.
23. BEAUVIEUX (J.). — Recherches anatomiques sur les canaux semi-circulaires des vertébrés. Th. Doct. Méd., Bordeaux, 1934.
24. BELANGER (L.F.). — Observations on the development, structure and composition of the cochlea of the rat. *Am. Ass. Anat.*, 1957 in *Anat. Rec.*, 1957, **127**, 263 (Abstract).
25. BELLOCQ (PH.). — Orientation des canaux semi-circulaires chez l'enfant nouveau-né par rapport aux trois plans perpendiculaires de l'espace. *C.R. Soc. Biol.*, 1922, **87**, 250-252.
26. BELLOCQ (PH.). — Le labyrinthe osseux chez le chien. *C.R. Soc. Biol.*, 1922, **87**, 579-582.
27. BENOIT (J.). — Recherches sur l'anatomie de l'oreille externe des carnivores domestiques. Th. Doct. Vét., Toulouse, 1938.
28. BENOIT (J.A.A.). — De l'excision de l'otocyste chez l'embryon de poulet et ses conséquences sur la morphogenèse de la capsule otique cartilagineuse. *C.R. Soc. Biol.*, 1955, **149**, 998-1000.
29. BENOIT (J.A.A.). — Chondrogenèse otique après excision de l'otocyste et implantation de moëlle ou de chorde chez l'embryon de poulet. *C.R. Soc. Biol.*, 1956, **150**, 240-242.
30. BENOIT (J.A.A.). — Absence de chondrogenèse otique après remplacement de l'otocyste par le cristallin ou par un grain de paraffine chez l'embryon de poulet. *C.R. Soc. Biol.*, 1957, **151**, 1298-1300.
31. BENOIT (J.A.A.). — Etude expérimentale des facteurs de l'induction du cartilage otique chez les embryons de poulet et de truite. Th. Doct. ès-Sc. Nat., Paris, 1960, (Analyse de *Rev. Med. Vet.*, 1961, **112**, 366-367).

32. BLEVINS (CH. E.). — Study on the fine innervation of the muscles of the middle ear (Cat). Am. Ass. Anat., 1961, in Anat. Rec., 1961, **139**, 294 (Abstract).
33. BLEVINS (Ch. E.). — Studies on the innervation of the stapedius muscle of the cat. Anat. Rec., 1964, **149**, 157-172, 4 pl.
34. BLEVINS (Ch. E.). NOBLE (B.). — Innervation patterns in the stapedius muscle of man. Anat. Rec., 1964, **148**, 262 (Abstract).
35. BOAS (J.E.V.). — Ohrknorpel und Äusseresohr der Säugetiere. I vol., 226 p., 30 × 25, Kopenhagen, 1912.
36. BÖHM (A.), OPPEL (A.). — Méthode de reconstruction, in : Technique microscopique. 4^e édition, traduite de l'allemand par E. de Rouville, I vol., 498 p., 12 × 18, Paris, Vigot éd., 1907, 134-146.
37. BONNET (V.). — L'Audition, in Physiologie. Pub. s. dir. de Kayser. Tome **3**, Paris, Flammarion éd., 1963, 669-733.
38. BONNIER (P.). — L'oreille : Anatomie. I vol., 198 p., 18 × 12, Paris, Masson et Gauthier éd., 1901, 109-196.
39. BORN (G.). — Die Plattenmodellirmethode. Arch. f. mikr. Anat., 1883, **22**, 584-599.
40. BORN (G.). — Noch einmal die Platenmodellirmethode. Zeitschr. f. wiss. Mikr., 1888, **5**, 433-455.
41. BORN (G.) PETER (K.). — Zur Herstellung von Richtebeenen und Richtlinien. Zeitschr. f. Wiss. Mikr., 1898, **15**, 31-50.
42. BOSSY (J.). — Recherches sur les vestiges de l'artère stapédienne chez l'homme. Arch. Anat. Embryo. Hist., 1959, **42**, 145-150.
43. BOSSY (J.). — Contribution à l'étude du muscle de l'étrier, (Communication). Act. Anat., 1957, **31**, 592-593.

44. BOSSY (J.), GAILLARD (L.), KATZ (J.). — Structure du grand nerf pétreux profond et destinée de ses fibres. Bull. Ass. Anat., 1963 (réunion du 5 sept.), **12-24**.
45. BOURDELLE (E.), BRESSOU (C.). — Anatomie régionale des animaux domestiques, in Tome I : Equidés, 1 vol., 977 p., 16 X 26, Paris, Baillière et fils édit., 1938, 243-258.
46. BOUTELIER (Ch.). — Recherches sur le développement de l'encéphale chez les Equidés. Th. Doct. Vét., Lyon, 1957.
47. BOYER (C.C.). — The use of plastic in reconstructions from serial sections. Anat. Rec., 1948, **100**, 191-197.
48. BRUNOT (F.R.). — On the epithelial relations of the stapes in the pig. Anat. Rec., 1923, **26**, 121-128.
49. BRUNOT (F.R.). — On the vas spirale in adult pig. Anat. Rec., 1926, **33**, 121-135.
50. BUJARD (E.). — Reconstruction plastique du système nerveux central, des ganglions et des épithéliums neurosensoriels céphaliques d'un embryon de mouton de 7 mm. C.R. Assoc. Anat., 1911, **13**, 205-211.
51. BURSTON (W.R.), THURLEY (K.). — A technique for the orientation of serial histological sections. Jour. Anat. Lond., 1957, **91**, 409-411.
52. CAMERON (J.), MILLIGAN (W.). — The development of the auditory nerve in vertebrates. Jour. Anat. Phys. London, 1910, **44**, (3^e sér. vol. **5**), 111-132.
53. CANNIEU (A.). — Recherches sur l'appareil terminal de l'acoustique. Jour. Anat. Phys. Paris, 1899, **35**, 1-14.
54. CARETTE-PILLOT (Mme). — La variation morphologique du rocher chez les primates supérieurs. Mammalia, 1947, **11**, 153-159.

55. CATHCART (Ch. W.). — Fusible metal injections. Journ. Anat. Phys. London, 1891, **25**, n. s. **5**, 557-561.
56. CAULDWELL (E.W.). — Stapes, fissula ante-fenestram, and associated structures in man. From the embryo of 6,7 mm to that of 50 mm. Anat. Rec., 1942, **82**, 404 (Abstract 84).
57. CHARACHON (R.). — Anatomie de l'artère auditive interne chez l'homme. Th. Doct. Méd. Lyon, Bosc. édit., 1961.
58. CHARACHON (R.), LATARJET (M.). - Les injections de matières plastiques appliquées à l'étude de l'artère auditive interne. C.R. Assoc. Anat., 1962, **48**, 436-441.
59. CHATELLIER (H.P.). — Evolution embryologique de l'appareil endolymphatique et du cloisonnement utriculo-sacculaire chez l'homme. Arch. Anat. Hist. Embr., 1926, **5**, 51-83.
60. CHAUVEAU (A.), ARLOING (S.), LESBRE (F.X.). — in Traité d'Anatomie comparée des animaux domestiques. T. **2**, 1 vol. 744 p., 16 X 24, Paris, Baillière et fils éd., 1905, 666-680.
61. CLAOUÉ (Ch.). — Anatomie topographique de l'oreille du cobaye en vue de la technique microscopique et de l'expérimentation. C.R. Assoc. Anat. 1922 **17**, 89-99.
62. CLAOUÉ (Ch.). — Oreille interne. Etude anatomo-pathologique et clinique. Technique microscopique et expérimentale. 1 vol. 225 p., 16 X 24, Paris, Maloine éd., 1928.
63. CLAOUÉ (C.), RADOIEVITCH (S.). — Histologie topographique de l'oreille du cobaye, en vue de l'anatomie pathologique expérimentale. C.R. Ass. Anat., 1923 (18^e réunion Lyon), 119-130.
64. CORDIER (R.), DALCQ (A.). — Organe stato-acoustique, in Traité de Zoologie de P.P. Grassé, tome **12**. Vertébrés : embryologie, anatomie comparée, caractéristiques, biologie. 1 vol., 1145 p., 16 X 25, Paris, Masson, 1954, 453-521.

65. COSTA (da) (A.C.). — *Eléments d'embryologie*. 2^e édition, 1 vol., 583 p., 16 X 24, Paris, Masson, éd., 1948, 421-428.
66. COYNE et CANNIEU. — Contribution à l'étude de la membrane de Corti. *Jour. Anat. Phys.*, 1895, **31**, 261-287.
67. CRUMBROWN (A.). — On the sense of rotation and the anatomy and physiology of the semi-circular canals of the internal ear. *Journ. Anat. Phys.*, London, 1874, **8**, 327-331.
68. CUMMINS (H.). — The vestibular labyrinth of the albino rat. *Jour. Comp. Neur.*, 1925, **38**, 399-459.
69. CUVIER (G.). — *Leçons d'Anatomie comparée*. 2^e édition, Tome **3**, 1 vol., 760 p., 13 X 21, Paris, Fortin et Masson éd., 1841, 476-565.
70. DANNACHER (G.). — Les poches gutturales des équidés domestiques. *Th. Doct. Vét.*, Lyon, 1956.
71. DAVIES (J.I.). — A method of orienting difficult embryological material for sectionning. *Anat. Rec.*, 1929, **43**, 381-385.
72. DAVIS (H.). — Biophysics and physiology of the inner ear. *Phys. Rev.*, 1957, **37**, 1-49 (bibliographie).
73. DELATTRE (Dr A.). — La rotation vestibulaire. Etude des changements d'orientation des canaux semi-circulaires et définition de l'angle cochléaire. *C.R. As. Sc.*, 22 oct. 1951, **233**, 978-979.
74. DELATTRE (A.), FENART (R.). — Position du rocher et du canal semi-circulaire horizontal chez les Mammifères. *C.R. Ass. Anat.*, 1956 (Lisbonne), 267-271.
75. DELATTRE (A.), FENART (R.). — L'évolution du crâne et la gravitation. *C.R. Ac. Sc.*, **27**, 7 juillet 1958, 276-277.
76. DELATTRE (A.), FENART (R.). — Remarques sur le conduit auditif interne chez les Mammifères. *C.R. Ass. Anat.*, 1959, (Montpellier), 210.

77. DELATTRE (A.), FENART (R.). — Formation des orifices de la face postérieure du rocher humain. Etude par la méthode vestibulaire au cours de la phylogénèse des mammifères et de l'ontogénèse humaine. *Mammalia*, 1962, **26**, 214-279.
78. DELL (P.), DUMONT (S.). — Fonctions somato-sensibles, in *Physiologie*. Publ. s. dir. de Kayser, Tome **3**, Paris, Flammarion éd., 1963, 365-512.
79. DIXON (A.D.), HOWARTH (R.). — A photographic method of graphic reconstruction. *Journ. Anat. Lond.*, 1958, **92**, 162-167.
80. DORAN (A.). — Morphology of the mammalian ossicula auditus. *J. Anat. Phys. Lond.*, 1879, **13**, 401-406 (Abstract by GARSON J).
81. DUBREUIL (G.). — Méthode de reconstruction graphique stéréoscopique. *C.R. Ass. Anat.*, 1921, **16**, 99-110.
82. DUBREUIL (G.). — Embryologie humaine, avec notions sur l'embryologie générale et expérimentale, la détermination du sexe et l'intersexualité, l'hérédité et la génétique, les principales anomalies : malformations congénitales et monstruosité. 3^e édition, 1 vol. 492 p., 18 X 26, Paris, Vigot 1947, 383-387.
83. DUBREUIL (G.), BAUDRIMONT (A.). — Manuel théorique et pratique d'histologie. 4^e édition, 1 vol., 627 p., 22 X 27, Paris, Vigot éd., 1950, 576-585.
84. DUROUX (P.E.), BOSSY (J.). — Contribution à l'étude des centres et des voies vestibulaires et cochléaires. Tiré à part de *Lyon Médical*, nov. 1957, n° 47, 27 p.
85. DUROUX (P.E.), MOUNIER-KUHN (P.), BOSSY (J.), PERSILLON (A.). — Données anatomiques concernant les centres et voies vestibulaires de l'homme. *Rev. Laryng.* (Bordeaux), 1964, **7-8**, 566-580.
86. ECHEVERRIA (M.). — Note sur l'artère stapédienne. *C.R. Ass. Anat.*, 1959, 243-249.

87. ELLENBERGER (W.), BAUM (H.). — Anatomie descriptive et topographique du chien. 1 vol. 646 p., 15 X 23, traduit de l'allemand par DENIKER. Paris, Reinwald édit., 1894, 578-586.
88. ELLENBERGER (W.), BAUM (H.). — Lehrbuch der topographischen Anatomie des Pferdes ; 1 vol., Berlin, Parey édit., 1894, 185-197.
89. ENGSTRÖM (H.). — Structure and innervation of vestibular sensory epithelia. Anat. Rec., 1963, **145**, 227 (Abstract).
90. ERULKAR (S.D.), SHELANSKI (M.L.), WHITSEL (B.L.), OGLE (P.). — Studies of muscle fibers of the tensor tympani of the cat. Anat. Rec., 1964, **149**, 279-298, 5 pl.
91. EYRIÈS (Ch.), PERLÈS (B.). — Embryologie de l'oreille in Encyclopédie médico-chirurgicale. 18, rue Segurier, Paris VI^e. 1962, **3**, 12 p.
92. EYRIÈS (Ch.), PERLÈS (B.), PINEAU (H.). — Développement de l'oreille interne humaine du 26^e au 70^e jour de la vie embryonnaire. Ann. Oto-Laryng., 1960, **77**, 877-919.
93. FELL (W.A.). — A method for the orientation of reconstruction models. Jour. Anat. Lond., 1935-36, **70**, 278-282.
94. FORSTER (A.). — L'inclinaison du tympan chez les mammifères supérieurs et chez l'homme. Arch. Anat. Hist. Embryo., 1925, **4**, 296-321.
95. FRASER (F.C.). — The cetacean ear : the osteology of the skull base. Jour. Anat. Lond., 1958, **92**, 657 (Abstract.).
96. GACEK (R.R.). — The macula neglecta in the feline species. Jour. Comp. Neur., 1961, **116**, 317-323, 2 pl.
97. GALAMBOS (R.). — Neural mechanisms of audition. Phys. Rev., 1954, **34**, 497-528.
98. GETTY (R.), FOUST (H.L.), PRESLEY (E.T.), MILLER (M.E.). — Macroscopic anatomy of the ear of the dog. Am. J. Vét. Res., 1956, **17**, 364-375.

99. GIRARD (Dr L.). — Port habituel de la tête et fonction vestibulaire. *Mammalia*, 1947, **11**, 1-17.
100. GIRARDET (R.). — Contribution à l'étude du muscle du marteau. *Arch. Anat. Hist. Embryo.*, 1960, **43**, 120-164.
101. GRASSE (P.P.), POISSON (R.A.), TUZET (Odette). — In *Zoologie*, Tome I, (Invertébrés), 1 vol., 919 p., 16 × 24, Paris, Masson édit., 1961.
102. GRAY (A.A.). — On a modification of the Helmholtz theory of hearing. *Jour. An. Phys.*, 1900, **34**, (n. s. **14**), 324-350.
103. GRAY (A.A.). — On a method of preparing the membranous labyrinth. *Jour. An. Phys. London*, 1903, **37**, (n. s. **17**), 379-381.
104. GRAY (A.A.). — Anatomical notes upon the membranous labyrinth of man and of the seal. *Jour. Anat. Phys. London*, 1905, **39**, (n. s. **19**), 349-361.
105. GRIBENSKI (A.). — Contribution à l'étude fonctionnelle des canaux semi-circulaires chez la grenouille (*Rana esculenta*). *Jour. Phys.*, 1963, **55**, supplément du n° 4, 1-95.
106. GRIBENSKI (A.). — L'appareil vestibulaire et l'équilibration chez les vertébrés. *Sc. Progr. La Nature*, 1964, n° 3349, 161-169.
107. GRIBENSKI (A.). — L'audition. 2^e édition, 1 vol., 126 p., 12 × 18, Paris, Presses Un. de France, 1964.
108. GUILD (S.R.). — A graphic reconstruction method for study of the organ of Corti. *Anat. Rec.*, 1921, **22**, 141-157.
109. GUILD (S.R.). — Experimental evidence on the circulation of the endolymph in mammals. *Anat. Rec.*, 1924, **27**, 205 (Abstract n° 28).
110. HADZISELIMOVIC (H.), SAVKOVIC (L.J.). — Vergleichend-Anatomische Untersuchungen des Knöchernen Labyrinthes. *Anat. Anz. Bd.*, 1963, **112**, 344-361.

111. HADZISELIMOVIC (H.), SAVKOVIC (L.J.). — Appearance of semi-circular canals in birds in relation to mode of life. *Acta anat.*, 1964, **57**, 306-315.
112. HALLEY (G.). — The placodal relations of the neural crest in the domestic cat. *Journ. Anat. Lond.*, 1955, **89**, 133-152.
113. HALLPIKE (C.S.), PEET (E.W.). — A modification of the technique of wax plate construction. *Jour. Anat. Lond.*, 1939-40, **74**, n° 1, 127-128.
114. HARDY (Mary). — Observation on the innervation of the macula sacculi in man. *Anat. Rec.*, 1934, **59**, 403-417.
115. HARPER (D.G.). — Vascular anatomy of the auditory ossicles in man, blood vessels within the malleus, incus and stapes. *Am. Ass. Anat.*, 1963, in *Anat. Rec.*, 1963, **145**, 237, (Abstract).
116. HARPER (D.G.). — Anatomy of the membranous labyrinth in man. *Am. Ass. Anat.* 1964, in *Anat. Rec.*, 1964, **148**, n° 2, 289 (Abstract).
117. HARRISON (B.M.). — A modification of reconstruction methods. *Science*, 1924, (n. s. **60**), 161-162.
118. HENDRICKX (A.G.). — The pharyngeal pouches of the dog. *Anat. Rec.*, 1964, **149**, 475-484, 2 pl.
119. HENSON (O'DELL, W. Jr.). — The activity and function of the middle ear muscles in echolocating bats. *Anat. Rec.*, 1964, **148**, 290 (Abstract).
120. HJORTSJÖ (C.H.). — Orientation of section direction in embryological reconstruction work. *Acta anat.*, 1954, **20**, 297-317.
121. HOFFMANN (E.F.), BAST (T.H.). — A comparative study of the utriculo-endolymphatic valve in some common mammals. *Anat. Rec.*, 1930, **46**, 333-347.

122. HOYTE (D.A.N.). — The postnatal growth of the ear capsule in the rabbit. *Am. Jour. Anat.*, 1962, **108**, 1-16, 2 pl.
123. IBSEN (I.), PANUM (P.L.). — Anatomiske Undersogelser over Orets Labyrinth. 1 vol, 56 p., 3 tableaux, 26 X 35, Copenhagen H. Hagerups Boghandel, 1881.
124. JENKINSON (J.W.). — The development of the ear-bones in the mouse. *Jour. Anat. Phys. Lond.*, 1911, **45**, (3^e s. **6**), 304-318.
125. JOURDAN (F.), MORGON (A.). — Innervation vasomotrice de l'oreille interne du lapin. *C.R. Soc. Biol.*, 1960, **154**, 2340-2343.
126. KEEN (J.A.). — A note on the comparative size of the cochlear canal in mammals. *Jour. Anat. Lond.*, 1938-39, **73**, 592-596.
127. KEEN (J.A.). — A note on the length of the basilar membrane in man and in various mammals. *Jour. Anat. Lond.*, 1939-40, **74**, 524-527.
128. KÖLLIKER (A.). — Embryologie, ou traité complet du développement de l'homme et des animaux supérieurs. Edition traduite de l'allemand par SCHNEIDER, 1 vol., 1059 p., 16 X 24, Paris, Reinwald édit., 1882, 729-796.
129. LARSELL (O.), MAC CRADY (Jr.), ZIMMERMAN. — Morphological and functional development of the membranous labyrinth of the opossum. *J. Comp. Neurol.*, 1936, **63**, 95-118.
130. LEGOUIX (J.P.), PETTER (F.), WISNER (A.). — Etude de l'audition chez des mammifères à bulles tympaniques hypertrophiées. *Mammalia*, 1954, **18**, 262-271.
131. LEGOUIX (J.P.), RAUCH (S.). — Modifications des circuits électriques intra-cochléaires par action du KCl. *C.R. Soc. B.*, 1961, **155**, 1884-1888.
132. LEWIS (W.H.). — The use of guide planes and plaster of Paris for reconstructions from serial sections : some points on reconstruction. *Anat. Rec.*, 1915, **9**, 719-729.

133. LUTIGNEAUX (H.). — Un mode nouveau de représentation des objets dans l'espace à trois dimensions. C.R. Ac. Sc., 1924, **178**, 769-770.
134. MAINLAND (D.), STOVER (M.). — On materials used in marking paraffin blocks for reconstruction work. Anat. Rec., 1929, **43**, 103-105.
135. MARONNEAUD (P.L.). — La constitution du squelette branchial meckelien primordial, ses variations phylogéniques, les processus invo-évolutifs observés à son niveau chez l'homme. Arch. Anat. Histo. Embryo., 1951-52, **34**, 285-295.
136. MARTINEAU (M.E.R.). — L'utilisation des résines synthétiques en anatomie. Th. Doct. Vét., Toulouse, 1958.
137. M'BRIDE (P.). — A new theory as to the functions of the semi-circular canals. Journ. Anat. Phys. London, 1883, **17**, 211-217.
138. MERCHE. — Nouveau traité des formes extérieures du cheval. 1 vol. 720 p., 13 X 21, Paris, 1868, 62-73.
139. MILES (A.). — Some applications of the method of injecting with fusible metal. Jour. Anat. Phys. London., 1891, **25**, n. s., **5**, 562-565.
140. MILLER (W.S.). — The use of blotting-paper for reconstructions. Anat. Rec., 1931, **48**, 191-196.
141. MOUNIER-KUHN (P.), DUROUX (P.E.), BOSSY (J.), YVARS. — Etude anatomique de la lame spirale dans sa portion vestibulaire. Rev. Laryng. (Bordeaux), 1954, **7-8**, 559-565.
142. O'RAHILLY. — Some features of the histogenesis of the otic vesicle in stage embryos. Am. Ass. Anat., in Anat. Rec., 1963, **145**, 268 (Abstract).
143. PEELE (T.L.). — The vestibular system et The auditory pathways and the temporal lobe in The neuroanatomic Basis for clinical neurology. Second. édit., 1 vol. 662 p., 18 X 25, New York, Mc Graw-Hill Book Company, édit., 1961, 236-254, 506-526.

144. PETERSON (A.K.). — On the preparation of Wood's metal casts of the lungs. *Anat. Rec.*, 1935, **61**, 261-271.
145. PETTER (F.). — Remarques sur la signification des bulles tympaniques chez les Mammifères. *C.R. Ac. Sc.*, 1953, **237**, 848.
146. PETTER (Germaine). — Les rapports de la mandibule et de la chaîne des osselets chez le nouveau-né de *Poeciliotis Libyca* (Carnivores, Mustelidés). *Mammalia*, 1962, **26**, 506-511.
147. PIZON (A.). — Anatomie et physiologie humaine. I vol. 636, in 8°, Paris, O. Doin édit., 1909, 196-209.
148. POIRIER (P.), CHARPY (A.), NICOLAS (A.). — In *Traité d'Anatomie humaine*. Tome **5**, fascicule 2. I vol., 1008 p., 16 × 24, Paris, Masson 1912, 704-885.
149. POTTS (O.M.). — A new method of graphic reconstruction. *Jour. Anat., Camb. Lond.*, 1958, **92**, 647 (Abstract).
150. PRITCHARD (U.). — The development of the organ of Corti. *J. Anat. Phys. London*, 1879, **13**, 98-103.
151. PURVES (P.E.). — The cetacean ear : the middle ear with special reference to the soft parts of the air sinuses. *Jour. Anat. Lond.*, 1958, **92**, 657 (Abstract).
152. RASMUSSEN (G.R.). — A method of staining the stato-acoustic nerve in bulk with Sudan black B. *Anat. Rec.*, 1961, **139**, 465-470.
153. ROBERTS (J.T.). — On the utriculo-endolymphatic valve in albino rat. *Anat. Rec.*, 1932, **53**, 255-264.
154. ROBERTS (P.A.), HOYTE (D.A.N.). — The serial sectioning of undecalcified animal heads. *Jour. Anat. Lond.*, 1958, **92**, 621-622.
155. SABAN (R.). — Fixité du canal semi-circulaire externe et variation de l'angle thyridien. *Mammalia*, 1952, **16**, 77-92.

156. SCHÄFER (H.W.). — L'irrigation artérielle de l'encéphale des équidés domestiques. Th. Doct. Vét., Lyon, 1952.
157. SCHMALTZ (R.). — Atlas der Anatomie des Pferdes. Tome 5 : Der Kopf. Berlin, Schoetz édit., 1929, 168-173.
158. SCOTT (S.). — A contribution to the histology of the human osseous and membranous labyrinth. Jour. Anat. Phys. London, 1909, **43**, (3^e série, **4**), 329-345.
159. SHUTE (C.C.D.). — The evolution of the mammalian eardrum and tympanic cavity. Jour. Anat. Lond., 1956, 90, n° 2, 261-281.
160. SHUTE (C.C.D.). — The phylogeny of the labyrinthine receptors. Jour. of Anat. (London), 1958, **92**, 648 (Abstract).
161. SIEBENMANN (F.). — Über die Injektion der Knorchen Kanäle des **Aquæductus vestibuli et cochleæ** mit Wood'chen Metall. Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft, Basel, 1882.
162. SNAPP (C.F.). — Blood supply of labyrinth in birds. Anat. Rec., 1924, **27**, 29-45.
163. SPECTOR (B.). — Perfusion of the internal ear in mammals. Anat. Rec., 1932, **54**, 173-178.
164. STREETER (G.L.). — Migration of the ear vesicle in the tadpole during normal development. Anat. Rec., 1921, **21**, 115-126.
165. SWINYARD (C.A.), DOLOWITZ (D.A.), SELIGER (W.), KAMRIN (B. B.). — The use of dental acrylic in the preparation of pressure injection casts of the auditory apparatus and paranasal sinuses. Anat. Rec., 1950, **107**, 181-186.
166. TAGAND (R.), BARONE (R.). — L'appareil locomoteur in Anatomie des équidés domestiques. Tome I, 1950-52, Lyon. Ecole Vétér. Labor. Anatomie, 65-81 et 753-757.
167. TESTUT (L.), LATARJET (A.), LATARJET (M.). — L'oreille interne in Traité d'Anatomie humaine. Tome 3^e, 9^e édition, 1 vol., 1164 p., 16 X 24, Paris, Doin édit., 1949, 828-892.

168. THOMAS (L.J.). — Ossification centers in the petrosal bone of the mouse, *Anat. Rec.*, 1926, **33**, 59-68.
169. TOMPSETT (D.H.). — In *Anatomical techniques*, 2^e édition, 1 vol. 240 p., 16 × 24, Edimburgh. Livingstone édit., 1956, 199-213.
170. TURKEWITSCH (B.G.). — Das Knöcherne inneré Ohr des Hauseels (*Equus asinus* L.). *Zeitsch. f. Sauget.* Bd. **4**, 1936, 1-15.
171. TURKEWITSCH (B.G.). — Comparative investigation of the osseous labyrinth (vestibule) in mammals. *Am. Jour. Anat.*, 1935, **57**, 503-539, 2 pl.
172. VOGT (C.), YUNG (E.). — *Traité d'Anatomie comparée*. 2 vol., 897 et 989 p., 16 × 24, Paris, Reinwald édit., 1888.
173. WEBSTER (D.B.). — The ear apparatus of the kangaroo rat, *Dipodomys*. *Am. Jour. Anat.*, 1961, **108**, 123-147.
174. WEBSTER (D.B.). — A case of parallel evolution of the ear apparatus. *Am. Ass. Anat.*, 1963, in *Anat. Rec.*, 1963, **145**, 297 (Abstract).
175. WESTON (J.K.). — Notes on the comparative anatomy of the ganglion cells associated with the vertebrate inner ear sensory areas. *Jour. Anat. Lond.*, 1938-39, **73**, 263-288.
176. WESTON (J.K.). — Note on the comparative anatomy of the sensory areas of the vertebrate inner ear. *Jour. Comp. Neur.*, 1939, **70**, 355-394.
177. WILSON (J.G.), ANSON (B.J.). — The utriculo-endolymphatic valve (Bast) in a two years old child. *Anat. Rec.*, 1929, **43**, 145-153, 2 pl.
178. WINCKLER (G.). — Innervation proprioceptive du muscle du marteau (Communication). *Act. Anat.*, 1957, **31**, 595.
179. WINCKLER (G.). — Remarques sur les muscles intrinsèques du pavillon de l'oreille chez l'homme. *Arch. Anat. Histo. Embryo.*, 1960, **43**, 239-248.

180. WISLOCKI (G.B.), LADMAN (A.J.). — Selective and histochemical staining of otolithic membranes, cupulæ and tectorial membrane of the inner ear. *Jour. Anat. London*, 1955, **89**, 3-12, 3 pl.
181. WOERDEMAN (M.W.). — In *Atlas d'anatomie humaine*. Tome **2**, I vol., 642 p., 18 × 24, Paris. P.U.F., 1956, 548 et 595-628..
182. YOUNG (J.Z.). — Receptors for space orientation and air borne vibrations in the life of mammal. 2^e édit., I vol., 820 p., 15 × 21, Oxford Univ. Press., 1963, 509-519.
183. YOUNG (M.W.). — The tectorial membrane versus the basilar membrane as a sound receptor. *Am. Ass. Anat.*, 1957, in *Anat. Rec.*, 1957, **127**, 391 (Abstract).
184. YOUNG (M.W.). — The retina and tectorial membrane as terminal receptors for light and sounds. *Am. Ass. Anat.*, 1958, in *Anat. Rec.*, **130**, 390 (Abstract).
185. YOUNG (M.W.). — Sacculus perilymphaticus a completely new gross ear structure. *Am. Ass. Anat. in Anat. Rec.*, 1960, **136**, 306 (Abstract).
186. YOUNG (M.W.). — Anatomical and physiological aspects of the labyrinthine sacs. *Am. Ass. Anat.*, 1962, in *Anat. Rec.*, 1962, **142**, 334 (Abstract).
187. YOUNG (M.W.). — Anatomical bases for labyrinthine hydraulics in hearing and deafness. *Anat. Rec.*, 1964, **148**, 353 (Abstract).
188. YOUNG (M.W.). — Structural and fonctionnal aspects of the normal and abnormal labyrinth. *Am. Ass. Anat.*, 1964, in *Anat. Rec.*, 1964, **148**, 412 (Abstract).
189. ZIMMERL (V.) et all. — Apparechio dell'udito e apparechio statico in *Trattato di Anatomia veterinaria*. Tome **3**, I vol. 693 p., 16 × 24, Milan, F. Vallardi.édit., 1930, 656-689.
-

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS	9
PREMIÈRE PARTIE. — Généralités - Techniques d'étude	11
CHAPITRE PREMIER. — Définitions et généralités	11
I. - Esquisse anatomique	12
1) Oreille externe	13
2) Oreille moyenne	13
3) Oreille interne	14
A) Labyrinthe membraneux	14
B) Labyrinthe osseux	15
II. - Esquisse physiologique	18
1) Appareil de l'équilibration	18
2) Appareil de l'audition	19
A) Anatomie	19
B) Fonctionnement de l'organe cochléaire	20
a) Théorie d'Helmholtz	20
b) Théories de Rutherford et d'Hardesky	20
c) Théorie de Bonnier	21
III. - Esquisse évolutive	22
CHAPITRE II. — Techniques d'étude	25
I. - Coupes ostéologiques	26
II. - Moulages internes	26
1) Matières plastiques	26
2) Métal de Wood	27
3) Moulages partiels	29

III. - Etude du labyrinthe osseux en place	29
IV. - Solutions décalcifiantes	30
V. - Dissection	32
VI. - Transparification	33
VII. - Radiographie	33
VIII. - Reconstruction	34
IX. - Histologie	34

SECONDE PARTIE. — Etude embryologique	35
---	----

CHAPITRE PREMIER. — Développement du labyrinthe des Mammifères	37
--	----

I. - Généralités	37
II. - Points particuliers	38
1) Canal endolymphatique	38
2) Canaux semi-circulaires	39
3) Organisation du vestibule	39
4) Canal cochléaire	40
5) Nerf stato-acoustique	41
6) Vascularisation	41
7) Capsule otique	41
8) Formation des espaces périlymphatiques	41

CHAPITRE II. — Observations personnelles	43
--	----

1) Embryon de 3 semaines	43
2) — 4 semaines	46
3) — 5 semaines	47
4) — 6 semaines	49
5) — 6 à 7 semaines	50
6) Fœtus de 8 semaines	51
7) — 9 semaines	52
8) — 10 semaines	53
9) Récapitulation	56

TROISIÈME PARTIE. — Etude anatomique et histologique	59
--	----

CHAPITRE PREMIER. — Le labyrinthe osseux	61
--	----

I. - Vestibule osseux	62
1) Paroi dorso-latérale	64
2) Paroi caudale	66
3) Paroi rostrale	66

4) Paroi ventrale	66
5) Paroi antéro-latérale	69
6) Paroi antéro-mésiale	69
7) Aqueduc du vestibule	73
II. - Canaux semi-circulaires osseux	74
III. - Cochlée ou limaçon osseux	75
1) Columelle	76
2) Cloison spirale	76
3) Lamé des contours	76
4) Lamé spirale	77
5) Rampes du limaçon	77
6) Aqueduc du limaçon	78
IV. - Conduit auditif interne	79
V. - Orientation du labyrinthe osseux	82
VI. - Rapports du labyrinthe osseux	86
1) Rapports avec l'oreille moyenne	86
2) Rapports avec le nerf facial	86
3) Rapports avec la cavité crânienne	87
CHAPITRE II. — Le labyrinthe membraneux	89
I. - Appareil vestibulaire périphérique	89
1) Utricule	89
A) Conformation extérieure	89
B) Structure histologique	92
2) Canaux semi-circulaires membraneux	93
A) Conformation extérieure	93
B) Structure histologique	94
C) Existence d'une papilla neglecta	95
3) Sacculé	97
A) Conformation extérieure	97
B) Structure histologique	98
4) Canal endolymphatique	99
5) Canaux de Siebenmann	100
II. - Appareil cochléaire	100
1) Cochlée membraneuse et canal cochléaire	100
A) Morphologie générale	102
B) Le ligament spiral	103
a) Conformation extérieure	103
b) Structure histologique	104

C) La membrane de Reissner	104
D) Le plancher du canal cochléaire	104
E) La bandelette sillonnée	105
F) L'épithélium cochléaire et l'organe de Corti	106
a) Piliers de Corti	107
b) Cellules de Deiters	108
c) Cellules de Hensen et de Claudius	108
d) Cellules ciliées sensorielles	108
G) La Membrane de Corti	109
H) Les fibres distales du nerf cochléaire	109
2) Le revêtement des espaces périlymphatiques et l'aqueduc du limaçon	110
III. - Les liquides de l'oreille	110
CHAPITRE III. — Vascularisation et innervation de l'oreille interne. ...	113
I. - Vaisseaux de l'oreille interne	113
1) Artères	113
A) Artère auditive interne	113
B) Artères accessoires	114
C) Distribution au niveau du labyrinthe	114
2) Veines	115
A) Veine auditive interne	115
B) Veine de l'aqueduc du vestibule	116
C) Veine de l'aqueduc du limaçon	116
II. - Innervation de l'oreille interne, le nerf stato-acoustique	116
1) Origine apparente	116
2) Origines réelles	117
3) Connexions centrales	117
4) Trajet et rapports	117
5) Distribution	118
CONCLUSIONS	121
BIBLIOGRAPHIE	123

